

Trabajo Fin de Grado

***ESTUDIO Y DISEÑO DE
UN GATO HIDRÁULICO
CON ACCIONAMIENTO
ROTATORIO***

Grado en Ingeniería Mecánica

Curso 17/18

Autor: Hamid Afkir

Director: Esteban Peña Pitarch

Fecha: 08/06/2018

Localidad: Manresa

RESUMEN:

El presente trabajo de fin de grado consiste en el estudio y diseño de un gato hidráulico de botella accionado de manera rotatoria. Hemos optado por la realización de este proyecto con el objetivo de estudiar nuevas alternativas al mecanismo de accionamiento lineal, más habitual en los gatos hidráulicos de botella por su mayor utilidad, gracias a su facilidad de manejo y fiabilidad.

Asimismo, hemos decidido llevar a cabo este proyecto por la posibilidad de acoplar un motor eléctrico gracias al cambio de mecanismo, es decir, del accionamiento lineal al rotatorio. De hecho, esto nos ha llevado a pensar en nuevas ideas de control automático, como por ejemplo, mediante una aplicación de móvil y el empleo de sistemas electrónicos (arduino). Esta es una posibilidad cuya implementación se estudiará en el presente estudio.

Para llevar a cabo este proyecto, en primer lugar, se diseñó, a excepción del mecanismo de accionamiento rotatorio, un gato hidráulico de botella semejante a uno comercial. El diseño se ha realizado teniendo como referencia las dimensiones proporcionadas por el fabricante en sus catálogos.

Después de hacer diferentes cálculos de fuerzas que se necesitan para levantar la carga fijada del gato que se pretende diseñar, se modificaron algunas dimensiones de los componentes. Los cálculos se efectuaron de dos maneras: manualmente y mediante el programa SolidWorks 2017.

A continuación, se procedió al diseño del mecanismo de accionamiento. En un primer momento, se optó por un mecanismo Leva-Seguidor, que más tarde se descartó. De esta manera, en un segundo diseño, se eligió el mecanismo de Biela-Manivela. El diseño se hizo con el programa SolidWorks 2017, utilizado para el diseño en 3D y para hacer simulaciones de elementos finitos, con el objetivo de comprobar que los diferentes componentes pueden soportar las fuerzas anteriormente calculadas.

Una vez definido el mecanismo de accionamiento con sus diferentes componentes, se estudió la posibilidad de utilizar una manivela y un motor de corriente continua (12V). En la versión con motor eléctrico, se tuvo la posibilidad de implementar un control automático y, por lo tanto, se diseñó una aplicación de móvil que ayudará a accionar el gato hidráulico de manera más cómoda y sin aplicar el mínimo esfuerzo.

Finalmente, se presentan los resultados, en primer lugar, de las simulaciones de elementos finitos de componentes acabados, y en segundo lugar, del uso del mecanismo de la manivela y un motor eléctrico en forma de ventajas e inconvenientes.

ABSTRACT:

The present work consists of the study and design of a hydraulic bottle jack that works with a rotary drive mechanism. We have chosen to carry out this project with the aim of studying new alternatives to the linear drive mechanism, which is most common in hydraulic bottle jacks due to its usefulness, thanks to its easy use and reliability.

Likewise, we have decided to carry out this project because of the possibility of connecting an electric motor by changing the mechanism, that is, from the linear drive to the rotary. In fact, this has led us to think about new ideas of automatic control, such as through a mobile application and the use of electronic systems (arduino). This is a possibility whose implementation will be discussed in this study.

To carry out this study, first of all, a hydraulic bottle jack similar to a commercial one was designed, except for the rotary drive mechanism. The design has been made taking as reference the dimensions provided by the manufacturer in their catalogs.

After making different calculations of forces that are needed to lift the fixed load of the jack to be designed, some dimensions of the components were modified. The calculations were made in two ways: manually and through the SolidWorks 2017 program.

Next, the drive mechanism was designed. At first, a Cam-Follower mechanism was chosen, which was later discarded. In this way, in a second design, the Biela-Crank mechanism was chosen. The design was made with the SolidWorks 2017 program, used for 3D design and to make finite element simulations, in order to verify that the different components can support the previously calculated forces.

Once the drive mechanism with its different components was determined, the possibility of using a hand crank and a DC motor (12V) was studied. In the version with electric motor, it was possible to implement an automatic control, and a mobile application was therefore designed to help operate the hydraulic jack more comfortably and without applying the minimum effort.

Finally, the results are presented, first, of the finite elements simulations of finished components, and second, of the use of the crank mechanism and an electric motor in the form of advantages and disadvantages.

ÍNDICE:

ÍNDICE DE FIGURAS:	6
ÍNDICE DE TABLAS:	11
CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN	12
1.1. Alcance:	12
1.2. Objetivos:	13
CAPÍTULO 2: EL GATO HIDRÁULICO DE BOTELLA CONVENCIONAL	14
2.2. Funcionamiento gato hidráulico:	15
2.2.1. Principio teórico:	15
2.2.2. Funcionamiento práctico:	16
CAPÍTULO 3: EL DISEÑO DE LOS COMPONENTES BÁSICOS	20
3.1. La carcasa:	21
3.2. La base:	22
CAPÍTULO 4: CÁLCULOS	25
4.1. Parte cálculos 1:	25
4.2. Parte 2:	26
4.2.1. Mecanismo Leva-Seguidor:	27
4.2.2. Mecanismo Biela-Manivela:	29
CAPÍTULO 5: EL DISEÑO DE LOS OTROS COMPONENTES BÁSICOS	38
5.1. Pistón principal:	38
5.2. Pistón secundario:	39
5.3. Camisa principal:	41
5.4. Camisa secundaria:	44
5.5. Tuerca de cierre:	45
5.6. Modificaciones en la base:	46
CAPÍTULO 6: EL DISEÑO DEL MECANISMO DE ACCIONAMIENTO	47
6.1. Biela:	47
6.1.1. Opción diseño 1 (Biela en una sola pieza):	50
6.1.2. Opción diseño 2 (Biela en dos piezas):	53
6.2. Unión entre el pistón secundario y la biela:	56
6.3. El cigüeñal:	57
6.4. Unión entre el cigüeñal y la biela:	59
6.5. Sistema de fijación del mecanismo de accionamiento:	60
6.6. Actualización del diseño de la base:	61
6.7. El montaje del mecanismo de accionamiento sobre la base:	62
6.8. Accionamiento del mecanismo Biela-Manivela:	63

6.8.1. Accionamiento mediante manivela:	64
6.8.2. Accionamiento mediante un motor eléctrico 12V:	67
6.9. Montaje piñón y sus sistemas auxiliares sobre el eje del motor:	71
6.9.1. Diseño piñón del motor:	71
6.9.2. Cojinete con valona:	72
6.9.3 Tornillo y arandela:	73
6.10. Montaje piñón y sus sistemas auxiliares sobre el cigüeñal:	73
6.10.1. Diseño piñón del cigüeñal:	73
6.11. Soporte motor:	75
6.12. Actualización de la base:	76
6.13. Instalación eléctrica: accionamiento manual (pulsador):	79
6.13.1. El relé:	80
6.13.2. Fusibles:	80
6.13.3. Pulsador:	81
6.13.4. Breve explicación del esquema:	82
6.14. Instalación eléctrica: accionamiento mediante aplicación móvil:	82
6.14.1. Pila 9V:	82
6.14.2. Relé 5V/12V:	83
6.14.3. Placa Arduino:	83
6.15. Diseño aplicación móvil:	85
6.15.1. Código para placa Arduino:	91
6.15.2. Resumen funcionamiento la aplicación con la placa Arduino:	93
CAPÍTULO 7: EL DISEÑO DE COMPONENTES COMPLEMENTARIOS	95
7.1. Tapas de protección:	95
7.1.1. Tapa versión manivela manual:	95
7.1.2. Tapa versión motorizada:	96
7.2. Tornillo de vaciado:	97
7.3. Válvulas antirretorno:	98
7.4. Juntas tóricas:	100
7.5. Actualización de la base:	102
CAPÍTULO 8: SIMULACIONES Y ASIGNACIÓN DE MATERIALES	103
8.1. Simulación con elementos finitos de componentes críticos:	103
8.1.2. Pasador unión Biela-Cigüeñal:	105
8.1.3. Pistón secundario:	106
8.2. Asignación de materiales a los componentes otros más importantes:	109
8.2.1. La carcasa:	109
8.2.2. La base:	109
8.2.3. El cigüeñal:	109

8.2.4. Piñones:	109
8.2.5. Soporte motor:	110
8.2.6. Resumen materiales utilizados:	110
CAPÍTULO 9: PRESUPUESTOS	111
9.1. Diseño y documentación del gato hidráulico:	111
9.2. Coste de los componentes:	112
9.2.1. Gato hidráulico accionado manualmente:	113
9.2.2. Gato hidráulico motorizado:	114
CAPÍTULO 10: CONCLUSIONES	116
CAPÍTULO 11: BIBLIOGRAFÍA.....	117
CAPÍTULO 12: PLANOS	119



ÍNDICE DE FIGURAS:

<u>Figura 1. patente gato hidráulico de botella</u>	14
<u>Figura 2. Recipiente de Pascal</u>	15
<u>Figura 3. Principio de Pascal</u>	15
<u>Figura 4. Partes básicas de un gato hidráulico</u>	16
<u>Figura 5. Partes básicas de un gato hidráulico</u>	16
<u>Figura 6. Etapa de aspiración</u>	17
<u>Figura 7. Etapa de impulsión</u>	18
<u>Figura 8. Gato hidráulico levantado</u>	18
<u>Figura 9. Gato hidráulico bajado</u>	19
<u>Figura 10. Dimensiones gato hidráulico marca OTTO</u>	20
<u>Figura 11. Dimensiones en pulgadas gato hidráulico OTTO</u>	20
<u>Figura 12. Dimensiones y aspecto de la carcasa</u>	22
<u>Figura 13. Dimensiones y aspecto de la base</u>	23
<u>Figura 14. Conductos de aspiración y impulsión</u>	24
<u>Figura 15. conducto y taladro de vaciado</u>	24
<u>Figura 16. Principio de Pascal</u>	25
<u>Figura 17. Partes de una leva</u>	27
<u>Figura 18. Dimensiones de la leva</u>	28
<u>Figura 19. Fuerzas resultantes sobre la leva</u>	28
<u>Figura 20. Medidas y fuerzas resultantes del mecanismo Biela-Manivela</u>	29
<u>Figura 21. Longitud de la manivela</u>	30
<u>Figura 22. longitud de la biela</u>	30
<u>Figura 23. Aspecto pistón</u>	31
<u>Figura 24. Ensamblaje del conjunto Biela-Manivela</u>	31
<u>Figura 25. Inicio del estudio de movimiento</u>	31
<u>Figura 26. Colocación del pistón en su PMS</u>	32
<u>Figura 27. Aplicación de la velocidad</u>	32
<u>Figura 28. Aplicación del tiempo de simulación</u>	32
<u>Figura 29. Aplicación de la fuerza</u>	33
<u>Figura 30. Aplicación de las etapas de la fuerza</u>	33
<u>Figura 31. Gráfico de aplicación de fuerza</u>	33
<u>Figura 32. Ejecución del estudio y obtención de resultados</u>	34
<u>Figura 33. Gráfico de resultados</u>	34

<u>Figura 34. Fuerzas resultantes en el mecanismo Biela-Manivela</u>	35
<u>Figura 35. Cotas del mecanismo Biela-Manivela</u>	35
<u>Figura 36. Diagrama sólido libre del pistón</u>	36
<u>Figura 37. Diagrama sólido libre de la biela</u>	36
<u>Figura 38. Diagrama sólido libre de la manivela</u>	37
<u>Figura 39. Dimensiones y aspecto del pistón principal</u>	39
<u>Figura 40. Dimensiones y aspecto del pistón secundario</u>	40
<u>Figura 41. Selección de los anillos de seguridad</u>	40
<u>Figura 42. Detalle encaje de los anillos de seguridad</u>	41
<u>Figura 43. Fórmulas para calcular el espesor de la camisa según la norma</u>	42
<u>Figura 44. Fórmulas para calcular las tensiones nominales de diseño según la norma</u>	42
<u>Figura 45. Dimensiones y aspecto de la camisa principal</u>	43
<u>Figura 46. Detalle de las roscas mecanizadas en la camisa principal</u>	44
<u>Figura 47. Dimensiones y aspecto de la camisa secundaria</u>	44
<u>Figura 48. Detalle de la rosca en la camisa secundaria</u>	45
<u>Figura 49. Dimensiones tuerca de cierre</u>	45
<u>Figura 50. Aspecto de tuerca de cierre</u>	46
<u>Figura 51. Mecanización de las roscas en la base</u>	46
<u>Figura 52. Inicio de un nuevo estudio de movimiento</u>	47
<u>Figura 53. Aplicación de la fuerza sobre el pistón secundario</u>	48
<u>Figura 54. Aplicación del motor y el tiempo de la simulación</u>	48
<u>Figura 55. Obtención de los resultados</u>	48
<u>Figura 56. Obtención de los resultados</u>	49
<u>Figura 57. Gráfico de los resultados</u>	49
<u>Figura 58. Dimensiones de la biela</u>	50
<u>Figura 59. Aplicación del material</u>	51
<u>Figura 60. Restricción fija de la biela</u>	51
<u>Figura 61. Aplicación de la fuerza</u>	52
<u>Figura 62. Resultados de tensión Von Mises</u>	52
<u>Figura 63. Resultados de desplazamientos</u>	53
<u>Figura 64. Factor de seguridad</u>	53
<u>Figura 65. Aspecto biela segunda opción</u>	54
<u>Figura 66. Aplicación de uniones mediante tornillos</u>	54
<u>Figura 67. Resultados tensión Von Mises</u>	55
<u>Figura 68. Resultados de los desplazamientos</u>	55

<u>Figura 69. Factor de seguridad</u>	55
<u>Figura 70. Pasador unión entre pistón secundario y biela</u>	56
<u>Figura 71. Detalle unión entre pistón secundario y biela</u>	56
<u>Figura 72. Unión entre pistón secundario y biela</u>	57
<u>Figura 73. Partes de un cigüeñal</u>	57
<u>Figura 74. Aspecto del cigüeñal y la distancia de la muñequilla</u>	58
<u>Figura 75. Aspecto del cigüeñal</u>	58
<u>Figura 76. Dimensiones del rodamiento de agujas</u>	59
<u>Figura 77. Datos técnicos del rodamiento de agujas</u>	59
<u>Figura 78. Ensamblaje del mecanismo de accionamiento</u>	60
<u>Figura 79. Elección de la cajera KP001</u>	60
<u>Figura 80. Actualización de la base</u>	61
<u>Figura 81. Mecanización de las roscas de la base</u>	62
<u>Figura 82. Aspecto actualizado de la base</u>	62
<u>Figura 83. Ensamblaje del mecanismo de accionamiento con la base</u>	63
<u>Figura 84. Definición longitud del pistón secundario</u>	63
<u>Figura 85. Elección forma de la chaveta</u>	64
<u>Figura 86. Elección de la chaveta</u>	64
<u>Figura 87. Mecanización del chavetero sobre el cigüeñal</u>	65
<u>Figura 88. Adaptador de la manivela</u>	65
<u>Figura 89. Montaje adaptador de la manivela</u>	66
<u>Figura 90. Manivela</u>	66
<u>Figura 91. Ensamblaje de la manivela sobre el cigüeñal</u>	67
<u>Figura 92. Elección motor eléctrico de 12V</u>	68
<u>Figura 93. Aspecto motor eléctrico</u>	68
<u>Figura 94. Medición distancia entre los ejes</u>	69
<u>Figura 95. Medidas de los piñones</u>	70
<u>Figura 96. Diagrama sólido libre del piñón del motor</u>	70
<u>Figura 97. Diagrama sólido libre del piñón del cigüeñal</u>	70
<u>Figura 98. Dimensiones del piñón motor</u>	71
<u>Figura 99. Detalles del chavetero del piñón motor</u>	71
<u>Figura 100. Aspecto final del piñón motor</u>	72
<u>Figura 101. Aspecto del cojinete con valona</u>	72
<u>Figura 102. Ensamblaje del piñón motor con sus sistemas auxiliares</u>	73
<u>Figura 103. Dimensiones del piñón del cigüeñal</u>	73

<u>Figura 104. Aspecto final del piñón del cigüeñal</u>	74
<u>Figura 105. Elección de las tuercas KM</u>	74
<u>Figura 106. Ensamblaje de los dos piñones</u>	75
<u>Figura 107. Primera cara del soporte motor</u>	75
<u>Figura 108. Segunda cara del soporte motor</u>	76
<u>Figura 109. Aspecto final del soporte motor</u>	76
<u>Figura 110. Mecanización de la base</u>	77
<u>Figura 111. Medición de los agujeros del soporte motor</u>	77
<u>Figura 112. Mecanización de roscas para el soporte motor sobre la base</u>	78
<u>Figura 113. Ensamblaje del soporte motor</u>	78
<u>Figura 114. Características del motor eléctrico seleccionado</u>	79
<u>Figura 115. Gráfico de curvas de funcionamiento del motor seleccionado</u>	79
<u>Figura 116. Relé seleccionado</u>	80
<u>Figura 117. Fusibles seleccionados</u>	80
<u>Figura 118. Pulsador seleccionado</u>	81
<u>Figura 119. Esquema instalación eléctrica (accionamiento manual)</u>	81
<u>Figura 120. Pila 9V</u>	82
<u>Figura 121. Relé para Arduino (5V/12V)</u>	83
<u>Figura 122. Esquema instalación eléctrica (accionamiento automático)</u>	84
<u>Figura 123. Aspecto página web</u>	85
<u>Figura 124. Nombre de la aplicación</u>	85
<u>Figura 125. Inicio del diseño de la aplicación</u>	86
<u>Figura 126. Diseño del fondo de la pantalla</u>	86
<u>Figura 127. Inserción del botón para la conexión Bluetooth</u>	87
<u>Figura 128. Selección del BluetoothClient</u>	87
<u>Figura 129. Inserción del botón de 'Subir el gato hidráulico'</u>	88
<u>Figura 130. Inserción del botón de 'Parar el gato hidráulico'</u>	88
<u>Figura 131. Inserción de otras imágenes</u>	89
<u>Figura 132. Inicio etapa diseño de bloques</u>	89
<u>Figura 133. Definición bloque de antes de conectar el bluetooth</u>	90
<u>Figura 134. Definición bloque de después de conectar el bluetooth</u>	90
<u>Figura 135. Definición del resto de bloques</u>	91
<u>Figura 136. Descarga de la aplicación</u>	91
<u>Figura 137. Declaración de variables</u>	92
<u>Figura 138. Iniciación del puerto serial</u>	92

<u>Figura 139. Condición de estado del puerto serial</u>	93
<u>Figura 140. Condiciones de motor en marcha y parada</u>	93
<u>Figura 141. Aspecto tapa protección en la versión gato hidráulico con manivela manual</u>	95
<u>Figura 142. Ensamblaje de la tapa de protección</u>	96
<u>Figura 143. Tapa protección del gato hidráulico en versión motorizada</u>	97
<u>Figura 144. Ensamblaje de la tapa de protección</u>	97
<u>Figura 145. Elección del tornillo de vaciado</u>	98
<u>Figura 146. Ensamblaje del tornillo de vaciado</u>	98
<u>Figura 147. Colocación de las bolas antirretorno</u>	99
<u>Figura 148. Colocación de las arandelas de las camisas</u>	99
<u>Figura 149. Elección de las juntas tóricas</u>	100
<u>Figura 150. Colocación de la junta tóricas en el encaje de la carcasa</u>	100
<u>Figura 151. Adaptación y colocación de la carcasa</u>	101
<u>Figura 152. Mecanización del alojamiento de las juntas tóricas en los pistones</u>	101
<u>Figura 153. Montaje de las juntas tóricas en los pistones</u>	102
<u>Figura 154. Actualización de la base</u>	102
<u>Figura 155. Restricción fija del pasador</u>	103
<u>Figura 156. Aplicación de la fuerza en la cara del pasador</u>	104
<u>Figura 157. Resultados tensiones de Von Mises</u>	104
<u>Figura 158. Resultados de desplazamientos</u>	104
<u>Figura 159. Factor de seguridad</u>	105
<u>Figura 160. Resultados de tensiones de Von Mises</u>	105
<u>Figura 161. Resultados de desplazamientos</u>	106
<u>Figura 162. Resultados del factor de seguridad</u>	106
<u>Figura 163. Restricción fija en el pistón secundario</u>	107
<u>Figura 164. Aplicación de la fuerza en la cara del pistón secundario</u>	107
<u>Figura 165. Resultados de las tensiones de Von Mises</u>	108
<u>Figura 166. Resultados de desplazamientos</u>	108
<u>Figura 167. Resultados factor de seguridad</u>	108

ÍNDICE DE TABLAS:

<u>Tabla 1. Dimensiones en 'mm' del gato hidráulico OTTO</u>	21
<u>Tabla 2. Características del acero al carbono P-355GH</u>	41
<u>Tabla 3. Propiedades del acero normalizado AISI 4330.....</u>	50
<u>Tabla 4. Características técnicas Arduino UNO.....</u>	83
<u>Tabla 5. Propiedades del acero AISI</u>	103
<u>Tabla 6. Resumen de los materiales utilizados</u>	110
<u>Tabla 7. Presupuesto del diseño y documentación</u>	112
<u>Tabla 8. Precios de los componentes fabricados</u>	112
<u>Tabla 9. Presupuesto gato hidráulico accionado manualmente.....</u>	113
<u>Tabla 10. Presupuesto gato hidráulico motorizado</u>	115

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN

Los gatos hidráulicos en general, tienen un amplio uso en todos los sectores, gracias a las prestaciones que ofrecen, ya que permiten con tan solo aplicar pequeñas fuerzas, la posibilidad de levantar grandes cargas. Basan su funcionamiento en el principio de Pascal.

En el caso de este proyecto, nos centramos en el gato hidráulico de botella, es un tipo que se utiliza básicamente en el sector industrial, siendo una herramienta muy eficaz a la hora de llevar a cabo diferentes tareas que pueden ir, desde un pequeño cambio de rueda de un coche, hasta realizar grandes reparaciones de maquinaria industrial.

Su facilidad de manejo, fiabilidad, el muy poco mantenimiento requerido, etc... todas son características que hacen que este tipo de gatos hidráulicos haya sido, es y será de los más utilizados.

1.1. Alcance:

Para el desarrollo de este proyecto, se ha comenzado por buscar documentación de gatos hidráulicos comerciales, con el fin de basar el diseño de nuestro gato en ello, ya que nos aseguramos de que una parte importante del diseño se puede considerar hecha y estudiada.

Una vez definidas las dimensiones del gato a grandes rasgos, se ha procedido a la modificación de componentes que afectan al diseño del gato en cuanto a la carga que pueda levantar o la fuerza requerida, en este caso, se refiere a los dos pistones tanto el principal como el secundario. Junto con esto, se ha decidido el mecanismo de accionamiento, siendo la novedad de este proyecto y una parte muy importante del gato hidráulico.

A continuación, y al optar por un mecanismo de Biela-Manivela, se han hecho los diferentes cálculos necesarios, para determinar la fuerza y el par que se necesita para poner el gato hidráulico en marcha. Asimismo, se ha empezado con el diseño de los diferentes componentes del mecanismo de accionamiento, haciendo al mismo tiempo simulaciones de elementos finitos, para asegurar que los diferentes componentes puedan soportar las fuerzas calculadas anteriormente.

Con el mecanismo de accionamiento definido junto con sus componentes, se han estudiado dos tipos de propuestas para accionar o proporcionar el par necesario para poner en marcha el dicho mecanismo de accionamiento. La primera propuesta ha sido manualmente mediante una manivela, mientras la segunda, se ha optado por un motor eléctrico de corriente continua de 12V.

Posteriormente, y en el caso de la utilización del motor eléctrico, se ha diseñado una aplicación para móviles que nos permita controlar nuestro gato hidráulico de manera más cómoda.

Cabe decir, que una gran parte del diseño, cálculos, simulaciones, etc... se han llevado a cabo con el programa SolidWorks 2017.

1.2. Objetivos:

Los principales objetivos que me han llevado a la realización de este proyecto han sido; primero estudiar y modelar un gato hidráulico de botella, siendo uno de los tipos de gatos hidráulicos más utilizados, y segundo, buscar y estudiar nuevas alternativas de accionamiento de este tipo de gatos hidráulicos.

Los gatos hidráulicos de botella son conocidos por su amplia utilización en muchos sectores, ya que pueden realizar muchas tareas gracias a su capacidad y facilidad de usar, lo que hace interesante su estudio y modelado para saber, de primera mano, el potencial de estos gatos hidráulicos y el estudio de posibles mejoras.

Este tipo de gatos hidráulicos, todos son accionados mediante un mecanismo lineal, cosa que ha movido en mí la curiosidad de estudiar y buscar nuevas alternativas a este mecanismo, lo que me ha llevado a probar diferentes accionamientos rotatorios, como Leva-Seguidor o Biela-Manivela, y que se ha acabado optando por la segunda opción. Otro motivo de buscar o cambiar el accionamiento lineal por uno rotatorio, ha sido la posibilidad de acoplar un motor eléctrico en busca de un funcionamiento más cómodo y sin aplicar esfuerzos.

Otro de los objetivos, ha sido poner en práctica todos los conocimientos que he ido adquiriendo durante toda esta carrera, tanto mecánicos u otros como eléctricos-electrónicos, esta última, siendo una rama que me llama bastante la atención después de la mecánica. Dicho esto, y el interés por la electrónica, me ha llevado a probar de diseñar una aplicación para los móviles, de manera que se pueda controlar el gato hidráulico de la versión motorizada. A través de esta aplicación, se proporcionaría una serie de funciones, con el fin de hacer el uso del gato hidráulico todavía más cómodo y fácil de manejar.

CAPÍTULO 2: EL GATO HIDRÁULICO DE BOTELLA CONVENCIONAL

2.1. Historia:

El gato hidráulico de botella es uno de los tipos de gatos más utilizados en cuanto a sistemas de elevación, o más concretamente, elevación de vehículos, gracias a su eficacia, portabilidad y fiabilidad.

El origen de los gatos o máquinas hidráulicas, utilizadas en elevación, se data del siglo 17, cuando el genio matemático y francés Blaise Pascal describió el principio de Pascal, que se explicará posteriormente. Más tarde, y gracias a esta ley, en 1795 el inventor británico Joseph Bramah diseñó la primera prensa hidráulica y recibió la patente junto con William George Armstrong, los dos ayudaron mucho en la progresión de la ingeniería hidráulica.

El 8 de Julio del 1851, el inventor y mecánico escocés Richard Dudgeon, diseñó y recibió la primera patente para una 'prensa hidráulica portable', o lo que se conoce generalmente ahora, por un gato hidráulico. Hasta entonces, solo se utilizaban gatos hidráulicos de rosca, así que, fue un invento que mejoró mucho la comodidad, ya que se necesita menos esfuerzo a la hora de utilizarlo.

A lo largo de los años, Richard, fue mejorando y aplicando cambios a su gato hidráulico, cambiando la posición del depósito, utilizando diferentes tipos de líquidos hidráulicos... también, fueron pareciendo variantes de este tipo de gatos, pero todos se basaban en el diseño del gato hidráulico de botella.

Casi un siglo después, la patente del gato hidráulico de botella, tal y como lo conocemos hoy en día, la recibió Roger L. Marx en el año 1998. Se muestra en la siguiente figura.

U.S. Patent Feb. 22, 2000 Sheet 7 of 9 6,027,101

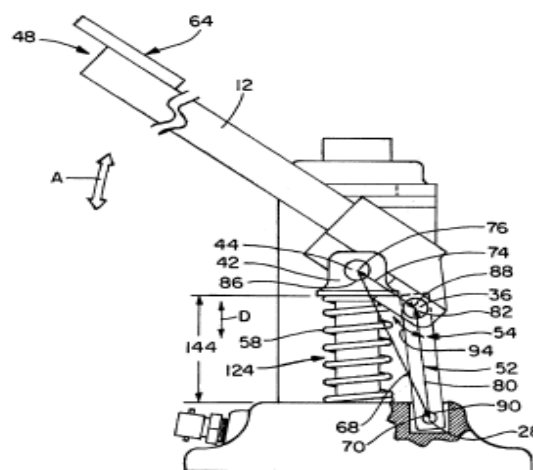


Fig. 7

Figura 1. patente gato hidráulico de botella

2.2. Funcionamiento gato hidráulico:

2.2.1. Principio teórico:

Como ya se ha mencionado en apartados anteriores, el gato hidráulico de botella basa su funcionamiento en el principio de Pascal, uno de los principios básicos de la hidrostática, el cual se describe de la siguiente manera:

“La presión ejercida sobre un líquido encerrado, se transmite íntegramente a cada punto de él y de las paredes del recipiente que lo contiene”

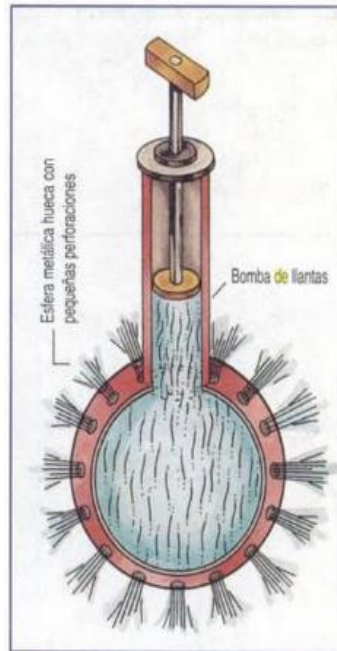


Figura 2. Recipiente de Pascal

El gato hidráulico aprovecha este principio de manera que, aplicando una fuerza pequeña sobre una sección menor, se obtiene una fuerza más grande sobre una sección mayor, gracias a que la presión es la misma en todo el recipiente cerrado.

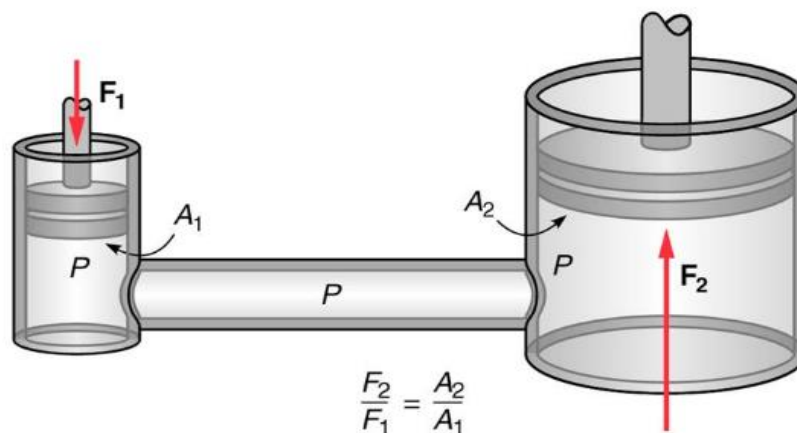


Figura 3. Principio de Pascal

2.2.2. Funcionamiento práctico:

Antes de proceder a la explicación del funcionamiento práctico del gato hidráulico, es muy importante localizar y nombrar las partes más básicas de este tipo de gatos hidráulicos. En las figuras siguientes, se muestran los componentes básicos, junto con los circuitos que lo forman:

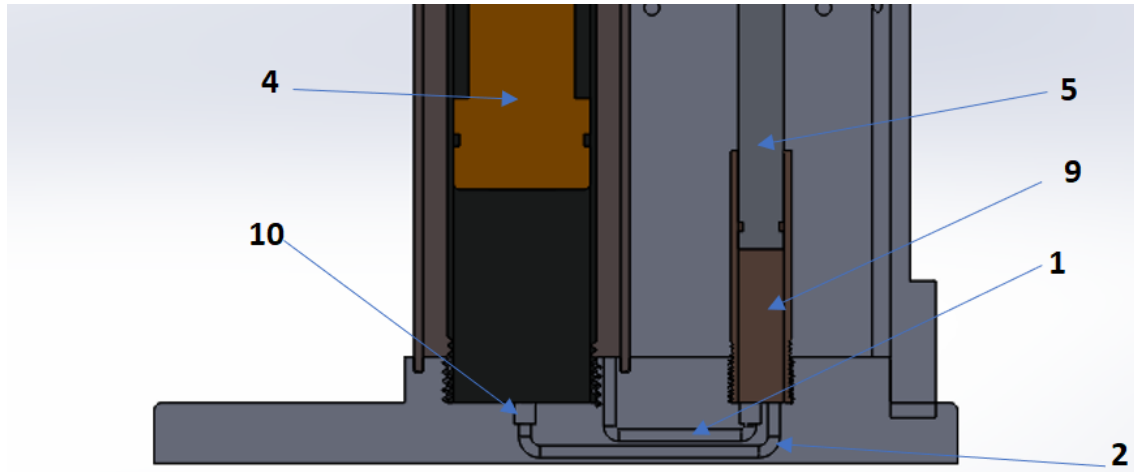


Figura 4. Partes básicas de un gato hidráulico

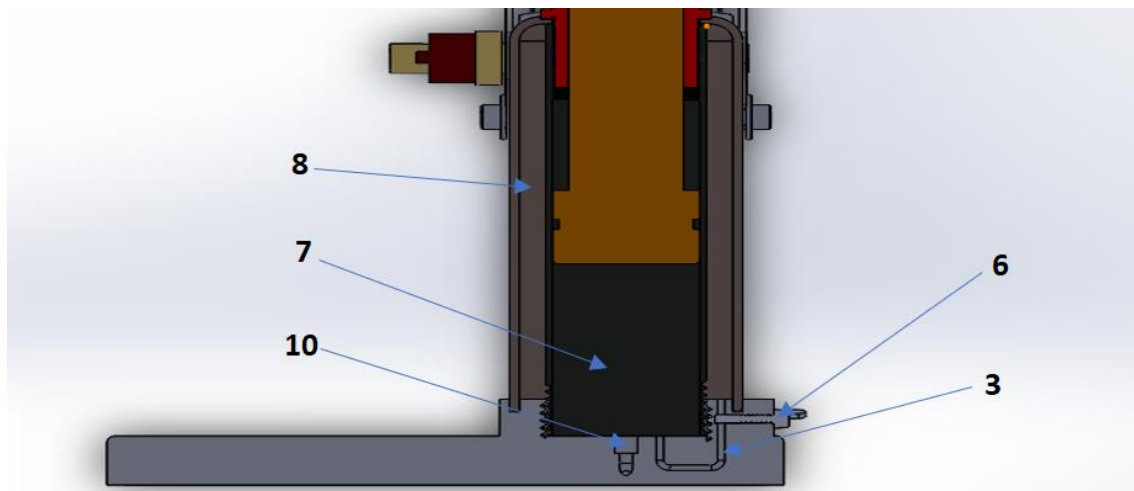


Figura 5. Partes básicas de un gato hidráulico

- 1- Circuito que une la cámara secundaria con el depósito.
- 2- Conducto que une la cámara secundaria con la cámara principal.
- 3- Conducto que comunica el depósito con la cámara principal.
- 4- El pistón principal.
- 5- El pistón secundario.
- 6- Válvula de vaciado.

- 7- Cámara principal.
- 8- Depósito.
- 9- Cámara secundaria.
- 10- Válvulas antirretorno.

El funcionamiento se puede dividir en dos etapas:

- Etapas de aspiración “Figura 6”: en esta etapa, el pistón secundario realiza un movimiento ascendente, de esta manera, succiona el líquido a través del conducto ‘1’ que comunica el depósito con la cámara secundaria. Esta succión se realiza gracias a una válvula antirretorno, y que solo se abre cuando el pistón se encuentra ascendiendo. Una similar válvula antirretorno hace la función de cerrar el conducto ‘2’ para impedir que se libere líquido acumulado en la cámara principal.

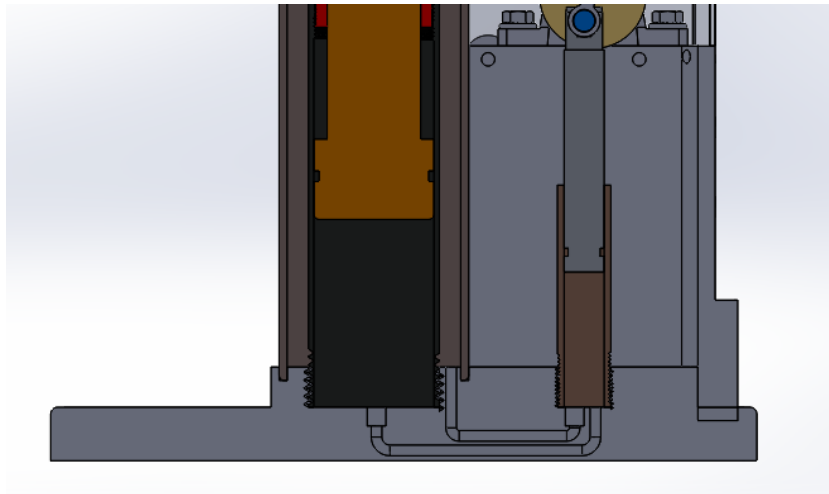


Figura 6. Etapa de aspiración

- Etapas de impulsión “Figura 7”: En esta etapa, el pistón empieza a descender, cerrando de esta manera la válvula antirretorno del conducto ‘1’. El líquido acumulado en la cámara secundaria durante la primera etapa es empujado a través del conducto ‘2’ hacia la cámara principal, haciendo que se abra la válvula antirretorno de este conducto.

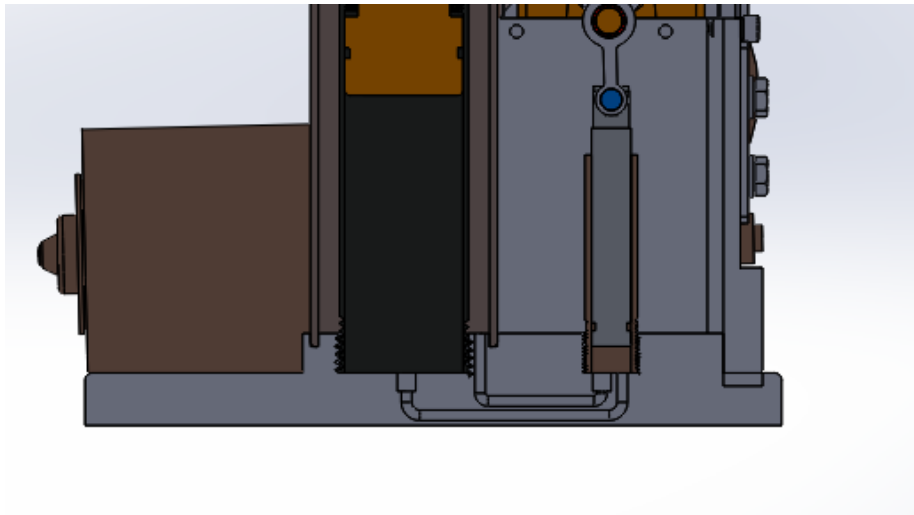


Figura 7. Etapa de impulsión

Repitiendo las dos etapas varias veces, se consigue trasladar el líquido desde el depósito hacia la cámara principal, pasando por la cámara secundaria, de esta forma, se consigue acumular el líquido en la cámara principal lo que hace que el pistón de la misma suba y así levantar la carga que yace sobre él.

Por último, el tercer conducto '3', sirve para liberar la presión, al abrir la válvula, el líquido se escapa desde la cámara principal hacia el depósito donde permanece hasta que es requerido otra vez durante las etapas de aspiración e impulsión. (Figura 8 y 9).

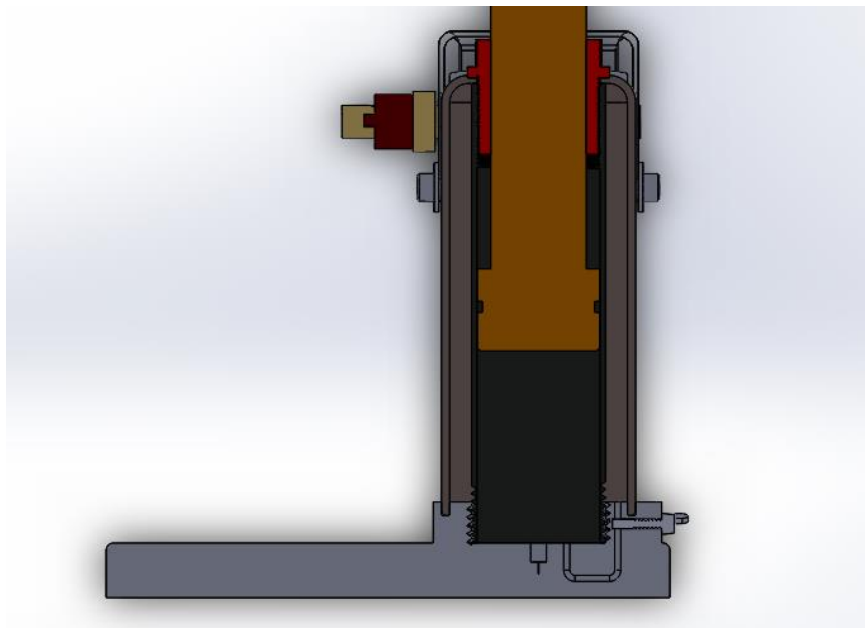


Figura 8. Gato hidráulico levantado

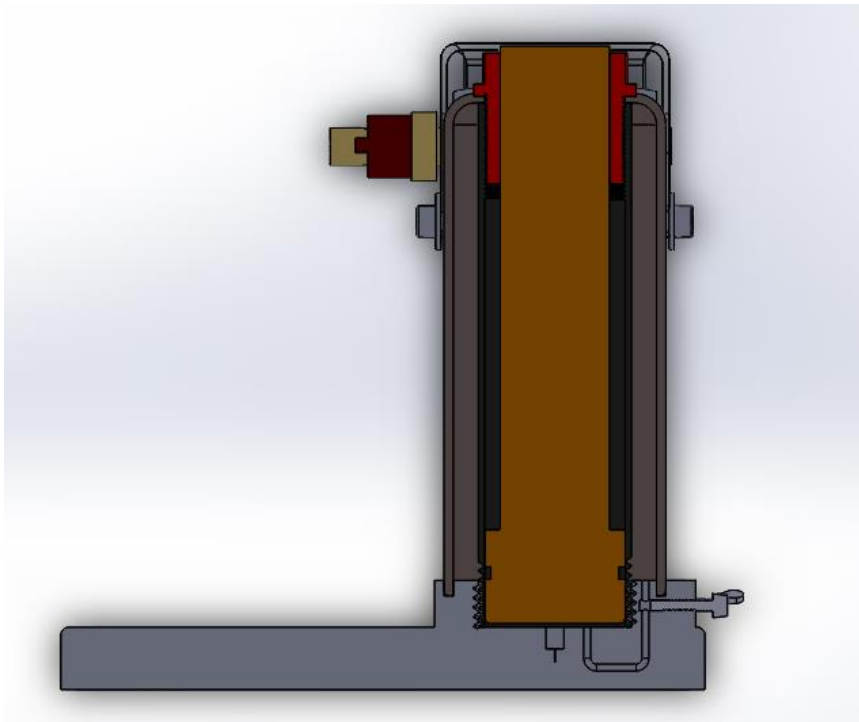


Figura 9. Gato hidráulico bajado

CAPÍTULO 3: EL DISEÑO DE LOS COMPONENTES BÁSICOS

Antes de proceder a diseñar los componentes básicos que forman un gato hidráulico, se busca en diferentes catálogos de fabricantes, con el fin de tener una base de las dimensiones que pretendemos darle a nuestro gato.

En los diferentes catálogos, los fabricantes procuran dar el mínimo de detalles de sus productos, lo que ha supuesto una dificultad a la hora de buscar referencias. Finalmente se apuesta por el fabricante estadounidense OTTO ya que es el que proporciona la mayor información de sus productos.

Como ya se ha comentado, las dimensiones que se van a utilizar de este catálogo solo van a servir de base, ya que más adelante, se harán diferentes modificaciones para poder adaptar nuestro gato a nuestro diseño.

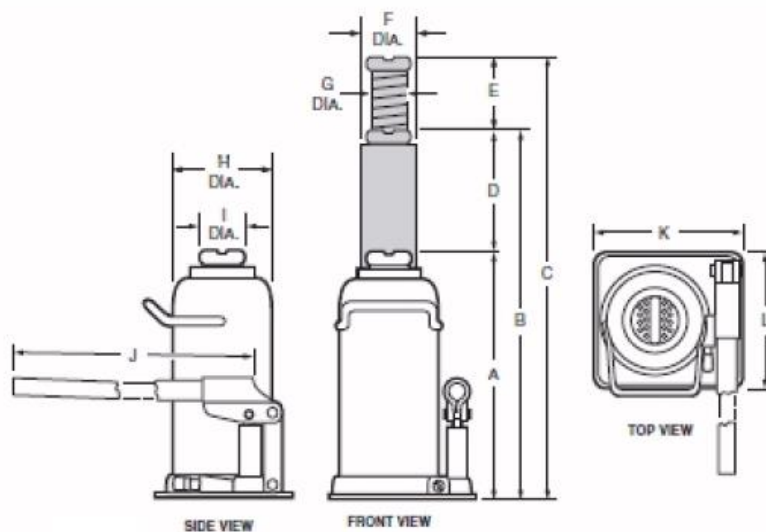


Figura 10. Dimensiones gato hidráulico marca OTTO

MODEL NUMBER	CAPACITY	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	PRESSURE CYLINDER Inside Dia.	CARRY HANDLE	SHIPPING WEIGHT (Lbs.)
76503A	2 TON	7.5"	12.75"	15.5625"	5.25"	2.8125"	1.065"	.706"	2.393"	1.106"	14.875"	4"	4.5625"	1.265"	No	8
76505A	5 TON	9.0625"	15.75"	18.875"	6.8875"	3.125"	1.257"	.892"	2.764"	1.435"	17.5"	4.875"	4.875"	1.459"	No	11.5
76508A	8 TON	9.0625"	15.5625"	18.75"	6.5"	3.1875"	1.375"	.979"	2.945"	1.608"	17.5"	5.375"	5.125"	1.577"	Yes	14
76412 76412G	12 TON	9.4375"	15.3125"	18.875"	5.875"	3.5625"	1.570"	1.056"	3.475"	1.75"	24"	5.5"	5.375"	1.772"	Yes	18
76512	12 TON	6.6875"	10.4375"	13.1875"	3.75"	2.75"	1.570"	1.056"	3.475"	1.75"	24"	5.5"	5.375"	1.772"	Yes	15
76520 76520G	20 TON	10.8125"	17.4375"	20.1875"	6.625"	2.75"	2.160"	1.275"	4.510"	2.125"	24"	6.5"	6"	2.442"	Yes	31
76820	20 TON	8.25"	12.1875"	14.9375"	3.9375"	2.75"	2.160"	1.275"	4.510"	2.125"	24"	6.5"	6"	2.442"	Yes	25
76530	30 TON	11"	17.375"	—	6.375"	—	2.357"	—	5.010"	2.625"	39.5"	7.5"	6"	2.835"	Yes	51
76535	30 TON	11"	17.3125"	—	6.3125"	—	2.375"	—	4.75"	2.375"	31.5"	5.625"	7.5625"	—	Yes	42.5
76550	50 TON	12"	18.6875"	—	6.6875"	—	3.343"	—	6.755"	3.3125"	39.5"	9.25"	7.5"	4.133"	Yes	89
76560	60 TON	12"	18.6875"	—	6.6875"	—	3.125"	—	6.5"	3.125"	39.375"	7.4375"	9.3125"	—	Yes	81.5

Figura 11. Dimensiones en pulgadas gato hidráulico OTTO

Como se muestra en el catálogo, las dimensiones y medidas están en pulgadas, así que el primer paso, es pasar las medidas a 'mm' mediante una hoja de cálculo.

	2 ton	
	pulgadas	mm
A	7,5	190,5
B	12,75	323,85
C	15,56	395,224
D	5,25	133,35
E	2,8125	71,4375
F	1,065	27,051
G	0,706	17,9324
H	2,393	60,7822
I	1,106	28,0924
J	14,875	377,825
K	4	101,6
L	4,5625	115,8875

Tabla 1. Dimensiones en 'mm' del gato hidráulico OTTO

De las diferentes dimensiones facilitadas por el fabricante, en nuestro caso solo utilizaremos las siguientes medidas:

- A: altura mínima del gato hidráulico.
- B: altura máxima del gato en caso de no utilizar el husillo alargador.
- H: el diámetro exterior del gato hidráulico (\varnothing exterior de la carcasa).

En cuanto a otras medidas, como el diámetro interior 'I', no se va a tener en cuenta el que nos indica el catálogo, ya que es un factor muy importante y que se determinará su valor a la hora hacer los cálculos de las fuerzas y la capacidad de nuestro gato hidráulico.

Otro de los componentes que no podemos tomar sus dimensiones, es la base, ya que, en nuestro caso, tendremos una base más grande en la versión del gato hidráulico con motor.

3.1. La carcasa:

La carcasa exterior es un elemento básico del gato hidráulico, ya que nos define, de manera aproximada, la altura mínima del gato. Del catálogo que hemos elegido, la altura mínima 'A' del gato hidráulico es de unos 190mm. Con tal de conseguir esta altura, entran en juego otros componentes que definen esta altura mínima del gato, como la base o la tuerca de cierre que veremos más adelante.

De forma aproximada, damos una altura de 160mm a nuestra carcasa, restando de los 190mm medidas como la altura que tendrá la base y la tuerca de cierre.

En cuanto al diámetro exterior, tendremos en cuenta el diámetro del catálogo, que son unos 60mm, pero al que sumaremos unos 10 mm para llegar a los 70mm como primer diseño y que, como ya se ha mencionado antes, se harán modificaciones cuando se empiecen a hacer cálculos.

Finalmente, el espesor le daremos 3mm ya que es un componente, aunque es básico para determinar la altura mínima, es un elemento que no se encuentra sometido a ningún esfuerzo y que su principal función es ser un depósito.

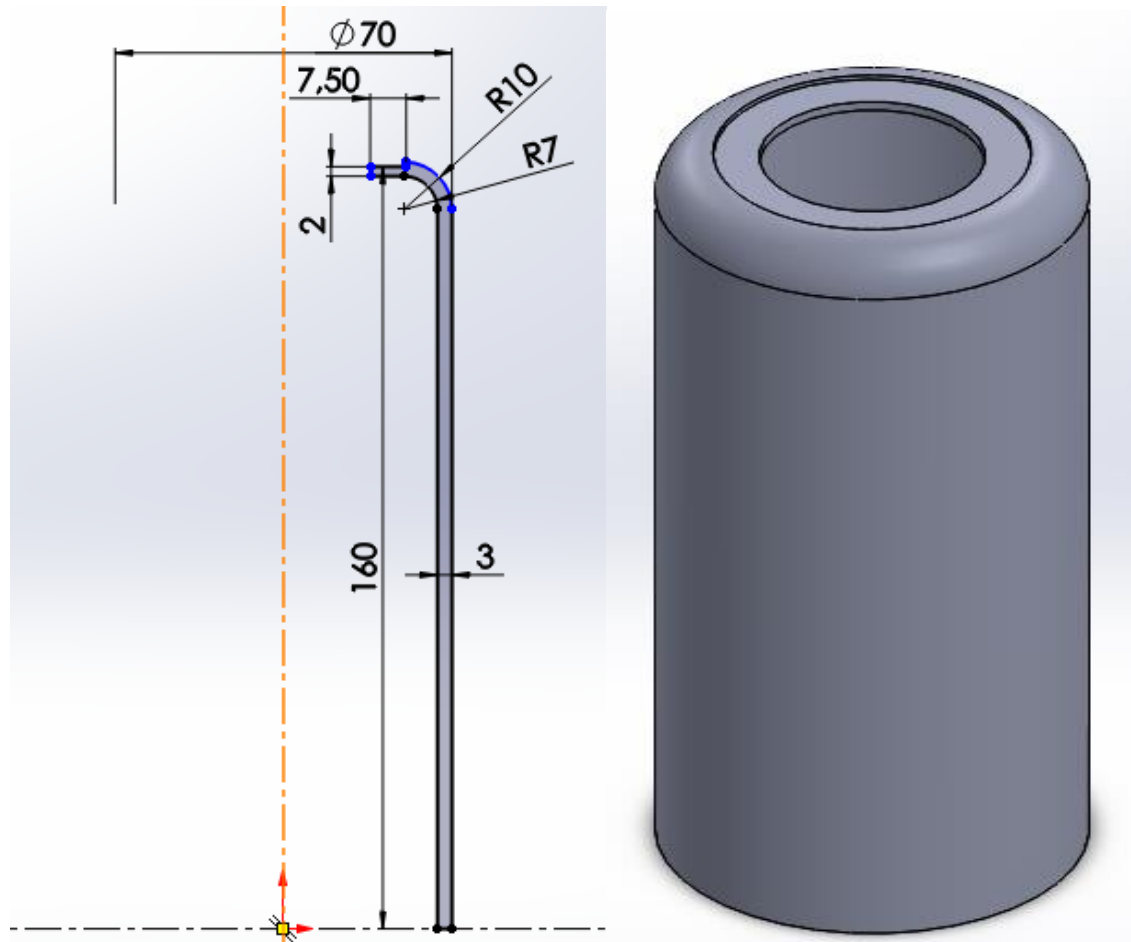


Figura 12. Dimensiones y aspecto de la carcasa

Las otras cotas que aparecen y la forma de la carcasa, son tomadas para facilitar el encaje de otros componentes que se verán más adelante, y también para proporcionarle una buena forma estética a nuestro gato hidráulico.

3.2. La base:

La base del gato hidráulico es una parte fundamental, es el componente que alberga casi a todos los otros elementos. Con los datos del fabricante, en nuestro caso sólo nos interesa la altura de ésta, ya que, junto con la carcasa determinarán la altura mínima de nuestro gato hidráulico.

La carcasa del apartado anterior, se le ha dado una altura de unos 160mm, así que, para llegar a los 190mm de altura aproximada, que proporciona el fabricante en su catálogo, en un primer paso, se le suman 30mm que posteriormente se acaban sumando otros 5mm para tener en cuenta y asegurar que los conductos que pasan por la base, no se interfieren entre ellos.

Por lo tanto, la base de nuestro gato hidráulico tendrá una altura de unos 35mm. Cabe de recordar, que posteriormente, tanto la base como la carcasa, sufrirán cambios en el diseño para adaptarlos al diseño general de nuestro gato hidráulico.

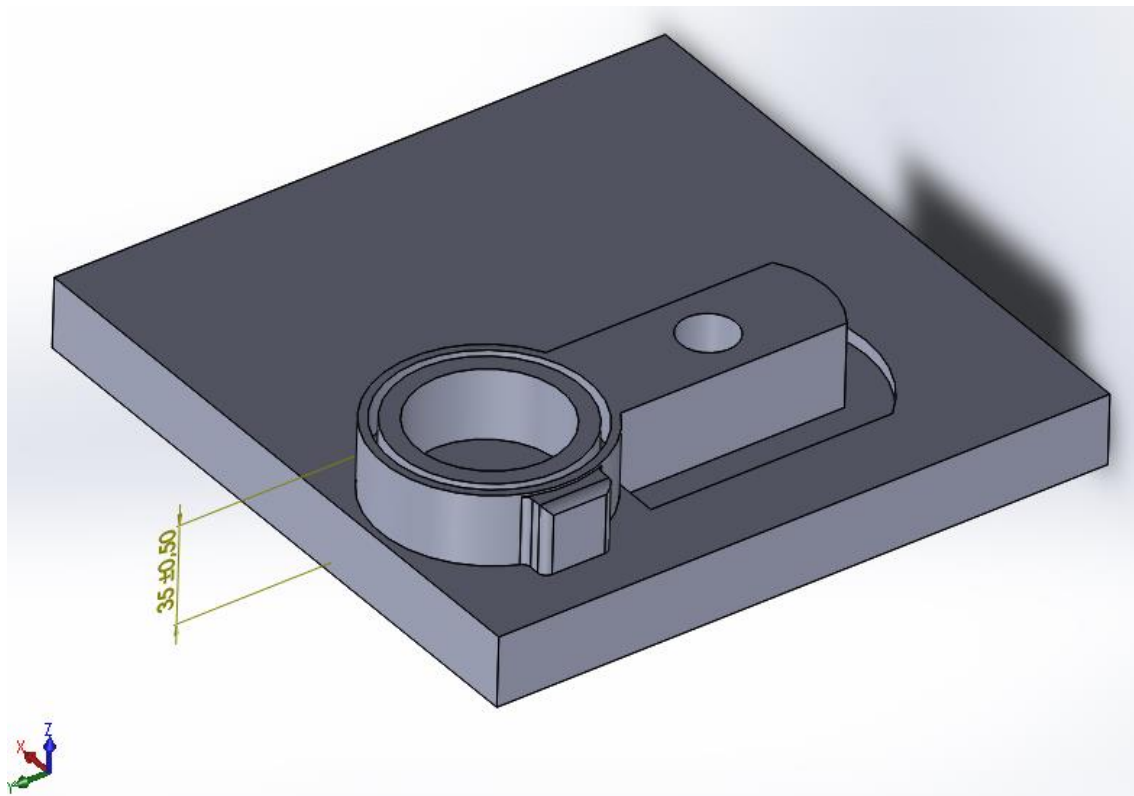


Figura 13. Dimensiones y aspecto de la base

Una vez definida la altura de la base, junto con los encajes y los mecanizados de la carcasa, camisa principal y la camisa secundaria, se procede a mecanizar los tres conductos que comunican las diferentes cámaras entre ellas.

El primer conducto es el que comunica el depósito con la cámara secundaria. Ante la escasa información sobre las dimensiones de estos conductos, se ha optado por darle un diámetro de 4mm ya que se cree que es suficiente como para realizar su función.

En el extremo que acaba dentro de la cámara secundaria, se encuentra la válvula antirretorno, que consiste en una bola metálica, lo que hace que se necesite que, en este extremo, se tiene que mecanizar el alojamiento de la bola antirretorno, un alojamiento de unos 7mm, ya que la bola metálica será de 6mm.

En cuanto al segundo conducto, se trata del que comunica la cámara principal y la cámara secundaria, es el utilizado en la etapa de impulsión. En este caso, la válvula antirretorno se encuentra en el extremo que acaba en la cámara principal.

El diámetro del conducto y las dimensiones del alojamiento de la bola antirretorno, serán los mismo que el caso anterior. Optando por un diámetro de 4mm del conducto, el alojamiento tendrá un diámetro de 7mm donde irá la bola que es de 6mm.

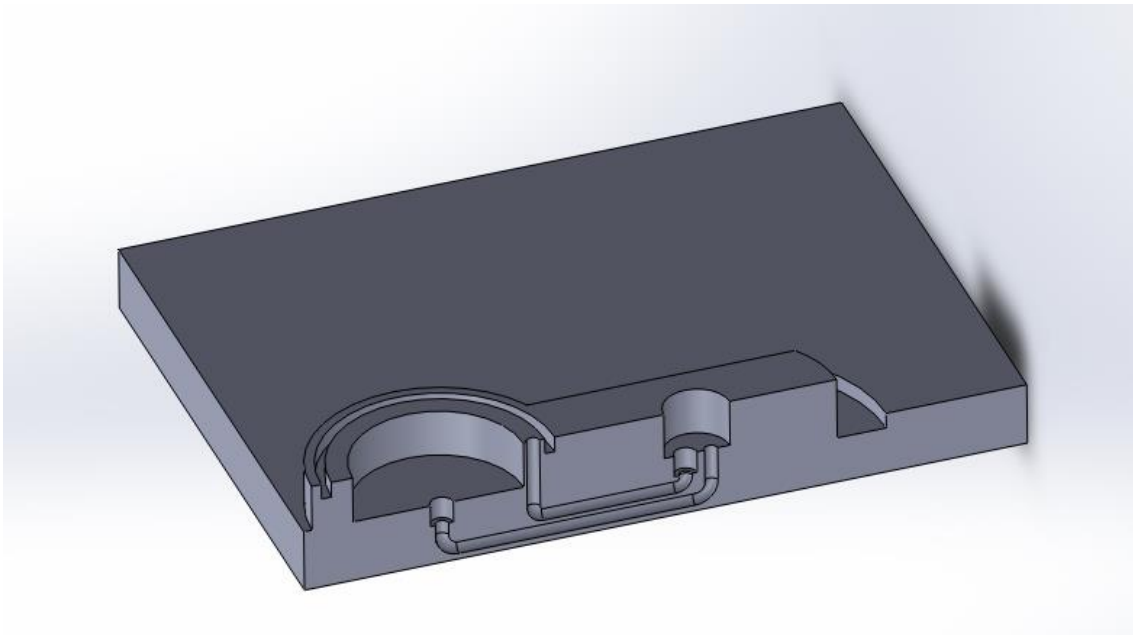


Figura 14. Conductos de aspiración y impulsión

El último conducto, es el que comunica la cámara principal con el depósito, es utilizado durante el vaciado ya que, es por donde se libera la presión dejando escapar el líquido desde la cámara principal hacia el depósito. Para abrir este paso y permitir que el líquido se traslade de una cámara a otra, se necesita una válvula que, en nuestro caso, utilizaremos un tornillo de métrico 4.

Las dimensiones del conducto serán, diámetro 3 para el conducto, y como ya se ha comentado, se hace un taladro de métrico 4 para la válvula.

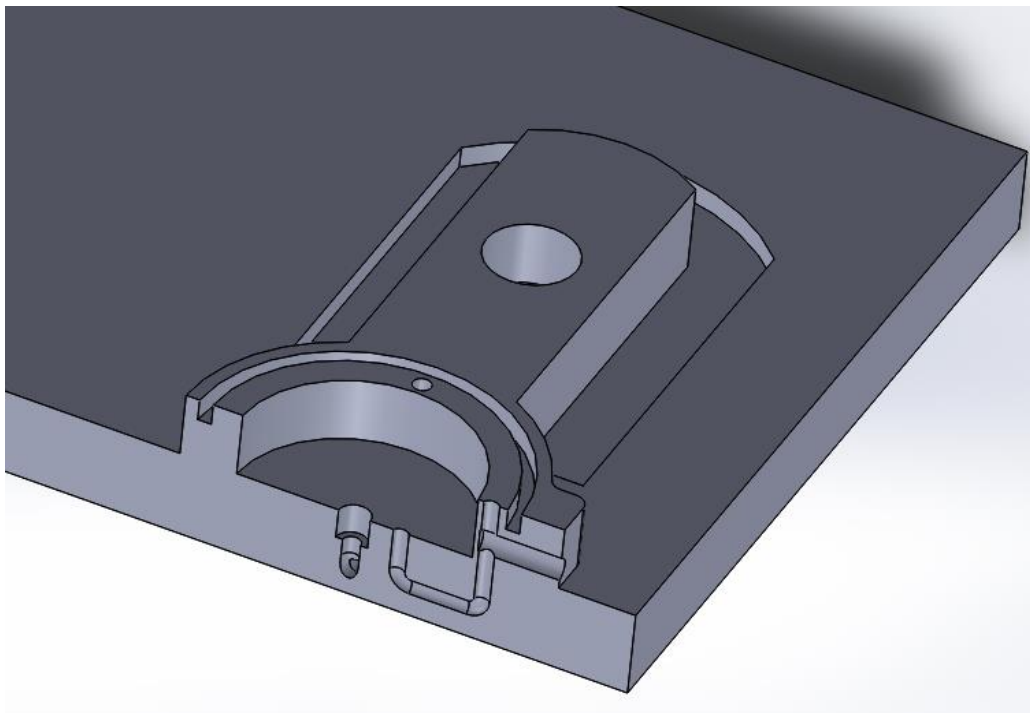


Figura 15. conducto y taladro de vaciado

CAPÍTULO 4: CÁLCULOS

Antes de pasar a diseñar el resto de los componentes de nuestro gato hidráulico, es muy importante realizar diferentes cálculos, con el fin de determinar las fuerzas que serán requeridas a la hora de utilizar el gato hidráulico. Fuerzas que influyen mucho en las dimensiones finales de los componentes, sobre todo, los diámetros de los dos pistones y el mecanismo de accionamiento.

Los cálculos se dividirán en dos partes:

- Parte 1: Cálculo de fuerza que se tiene que aplicar en el pistón secundario para levantar la carga.
- Parte 2: Cálculo de la fuerza o par que se tiene que proporcionar para conseguir la fuerza del apartado anterior.

4.1. Parte cálculos 1:

Para empezar, suponemos una carga de 2000 kg de un coche, se divide entre dos, ya que el gato hidráulico solo levanta un lado del coche o sea 1000 kg.

Para poder calcular la fuerza que se necesita para levantar esta carga, utilizamos el principio de Pascal, como ya se ha explicado numerosas veces, un gato hidráulico basa su funcionamiento en este principio.

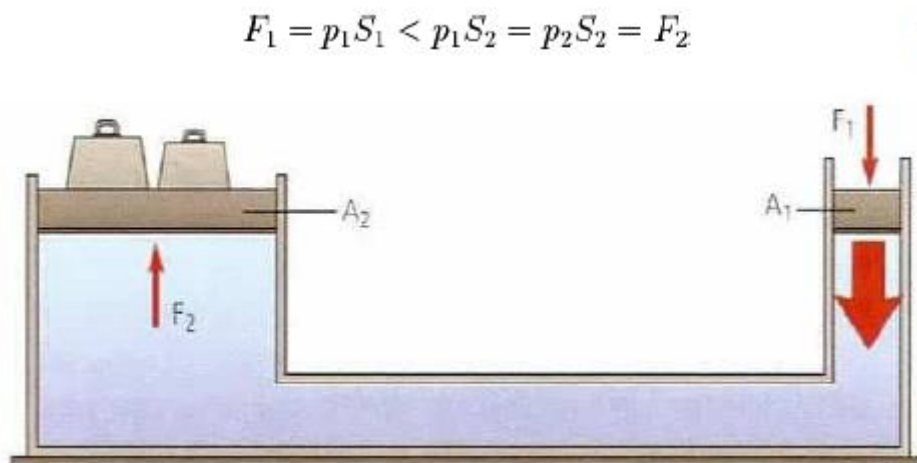


Figura 16. Principio de Pascal

Partimos de un diámetro de pistón secundario de 15mm. Una medida que le damos a nuestro pistón con el fin de asegurar unas dimensiones suficientes, ya que es un elemento que estará montado y relacionado con otros componentes mediante pasadores y otras piezas.

Otra medida que podemos fijar es la del pistón principal. Después de hacer alguna que otra iteración, se ha decidido darle un diámetro de 45mm ya que, si se aumenta esta medida, aumentará la dimensión del pistón y con él los otros elementos, y si se reduce, se necesitará más fuerza en el pistón secundario para levantar la carga fijada.

Por lo tanto, en nuestro caso, disponemos de los datos siguientes:

- Diámetro pistón1 = 15 mm
- Diámetro pistón2 = 45 mm
- $A_1 = \frac{\pi}{4} \cdot 15^2 = 176,71 \text{ mm}^2$
- $A_2 = \frac{\pi}{4} \cdot 45^2 = 1590,43 \text{ mm}^2$
- $F_2 = 1000 \cdot 9,81 = 9810 \text{ N}$

Sabiendo estos datos, podemos calcular la presión que será la misma en los dos pistones según el principio de Pascal.

$$P_2 = \frac{F_2}{A_2} = \frac{9810 \text{ N}}{1590,43 \text{ mm}^2} = 6,17 \text{ N/mm}^2$$

$$P_2 = P_1$$

$$P_1 = \frac{F_1}{A_1} \implies F_1 = P_1 \cdot A_1 = 6,17 \cdot 176,71 = 1090,3 \text{ N}$$

La fuerza que necesitamos aplicar con el pistón secundario es de aproximadamente **1090 N**.

4.2. Parte 2:

Antes de proceder a realizar los cálculos de la segunda parte, que consisten en; calcular la fuerza o el par necesarios y que se tienen que aplicar mediante el mecanismo de accionamiento con el objetivo de conseguir la fuerza calculada del apartado anterior, es muy importante decidir y saber el tipo y las dimensiones del mecanismo que se utilizará.

El mecanismo será rotatorio, como ya se ha comentado, es la novedad en nuestro gato hidráulico, pero hay que acabar de definir el tipo de mecanismo.

Como primera opción, se estudiará y se realizarán los cálculos de un mecanismo de Leva-Seguidor, posteriormente, se estudiará la otra opción que consiste en la utilización de un mecanismo Biela-Manivela, y por último se acabará decidiendo entre los dos mecanismos para acabar de diseñar las otras partes de nuestro gato hidráulico.

4.2.1. Mecanismo Leva-Seguidor:

El diseño de una leva es muy complicado y es necesario hacer un extenso estudio teniendo en cuenta muchos factores. En nuestro caso, como sólo se pretende realizar pequeños cálculos, no entraremos ni estudiaremos a fondo las levas ni el procedimiento de su diseño, únicamente fijaremos algunas medidas necesarias en el cálculo, basándonos en las dimensiones de nuestros componentes y también intentando que sean medidas razonables.

La medida que se necesita a la hora de realizar los cálculos es la distancia a la que está el punto más lejano de la leva del centro de la leva, esta distancia nos definirá tanto las dimensiones de la leva, como la carrera de nuestro pistón secundario.

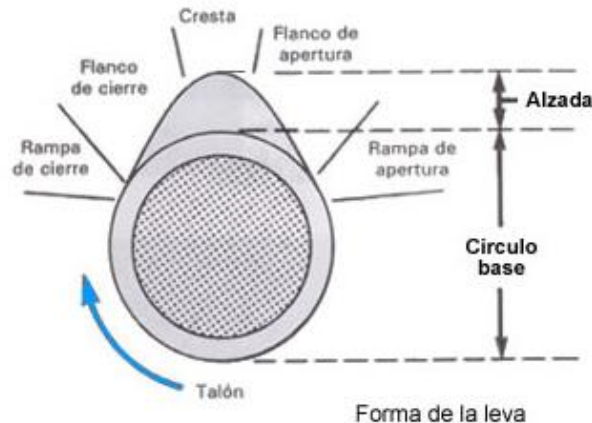


Figura 17. Partes de una leva

Teniendo en cuenta nuestros elementos y las dimensiones de nuestro gato hidráulico, y también manteniendo unas dimensiones razonables de la leva, sólo podemos optar por una carrera de unos 15mm (alzada). Otro dato que podemos fijar es el diámetro del círculo base de la leva, que podríamos dejar en un diámetro de 45mm.

Con estos datos, ya podemos pasar a calcular las fuerzas y el par combinándolos con lo calculado en la primera parte.

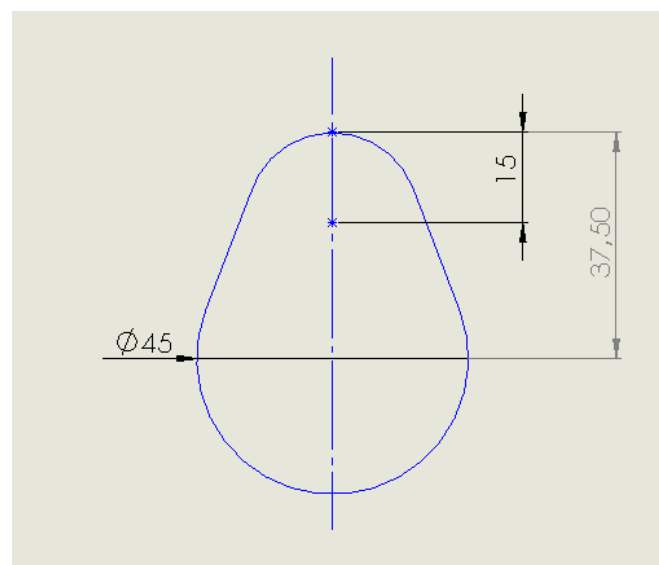


Figura 18. Dimensiones de la leva

Las fuerzas resultantes en este caso serían:

- La fuerza de fricción (F_f) entre la leva y el pistón secundario.
- La fuerza de 1090 N calculada en la primera parte (F_1) y es la necesaria para poder levantar la carga fijada.
- Las fuerzas de reacción (O_x y O_y) que se producen en el centro de la leva.
- El momento necesario y que se tiene que aplicar en el eje de la leva, para poder generar la fuerza de 1090 aplicada en el pistón.

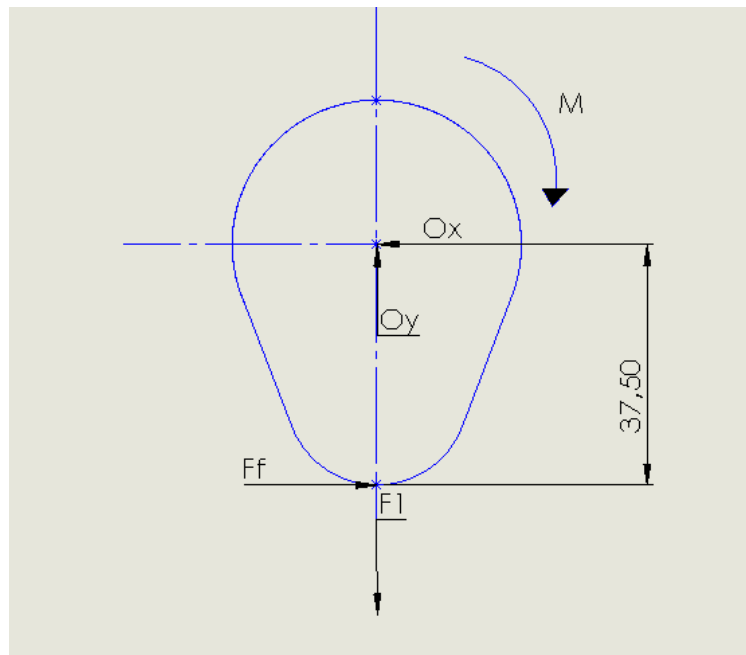


Figura 19. Fuerzas resultantes sobre la leva

El siguiente paso, es hacer el sumatorio de fuerzas y momentos e igualar a cero.

$$\sum F_x => F_f - O_x = 0$$

$$\sum F_y => O_y - F_1 = 0$$

$$\sum M => M - F_f \cdot 37,5 \cdot 10^{-3} = 0$$

Suponemos un coeficiente de fricción de 0.35, ya que el rozamiento se produce entre acero-acero, y es un valor que se ha encontrado en tablas. Por lo tanto:

$$F_f = F_1 \cdot \mu$$

Con esta última ecuación, ahora ya podríamos resolver el sistema de ecuaciones, ya que tenemos 4 ecuaciones y 4 incógnitas, pero lo que nos interesa en nuestro caso, es el momento (M), así que procedemos a calcularlo de esta manera.

$$F_f = F_1 \cdot \mu = 1090 \cdot 0.35 = 381,5N$$

$$\sum M \Rightarrow M - 381,5 \cdot 37,5 \cdot 10^{-3} = 0$$

$$M = 14,30 Nm$$

Cabe decir que no se ha tenido en cuenta otras fuerzas, como el peso de los componentes o la fuerza del muelle de nuestro seguidor. Y también habría que hacer un estudio de movimiento de todas las posiciones posibles, en estos cálculos, solo se ha estudiado una posición.

Una vez realizados estos cálculos, se ha llegado a la conclusión de dejar por descartada la utilización de este mecanismo, por el simple hecho de que la carrera que se conseguiría del pistón secundario es pequeña, y por lo tanto, se tardaría mucho en realizar los ciclos de aspiración e impulsión y con ello la subida del pistón principal.

4.2.2. Mecanismo Biela-Manivela:

La segunda opción, es la de un mecanismo Biela-Manivela, la gran ventaja de este mecanismo, es que podemos aumentar un poco la carrera del pistón secundario y así mejorar o solucionar el problema que había en el caso del mecanismo de Leva-Seguidor.

Las dimensiones que se pueden fijar en este caso son:

- Longitud de la manivela, y es la que nos determina la carrera del pistón secundario. Fijamos una longitud de 20mm y así podremos conseguir una carrera de pistón de 40mm, ya que se sabe que, la carrera es el doble de la longitud de la manivela.
- Longitud de la biela, que fijamos en 30mm, una medida para mantener unas dimensiones razonables de todo el mecanismo.

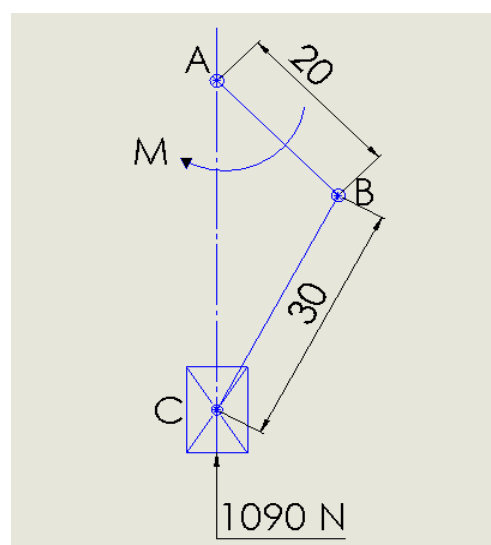


Figura 20. Medidas y fuerzas resultantes del mecanismo Biela-Manivela

Para calcular el par necesario que se tiene que aplicar en la manivela (M) para poder proporcionar la fuerza de 1090 N en el pistón, se utiliza un programa de diseño (SolidWorks 2016) para hacer el estudio de movimiento dinámico del mecanismo. A la hora de hacer el estudio de movimiento se desprecian tanto la fuerza de rozamiento como el propio peso de los componentes.

Para poder realizar la simulación y el estudio de movimiento, procedemos a dibujar las piezas básicas que componen un mecanismo Biela-Manivela con las dimensiones fijadas. Estas piezas solo se utilizarán para llevar a cabo esta simulación, no son las piezas de nuestro gato hidráulico.

- La manivela:

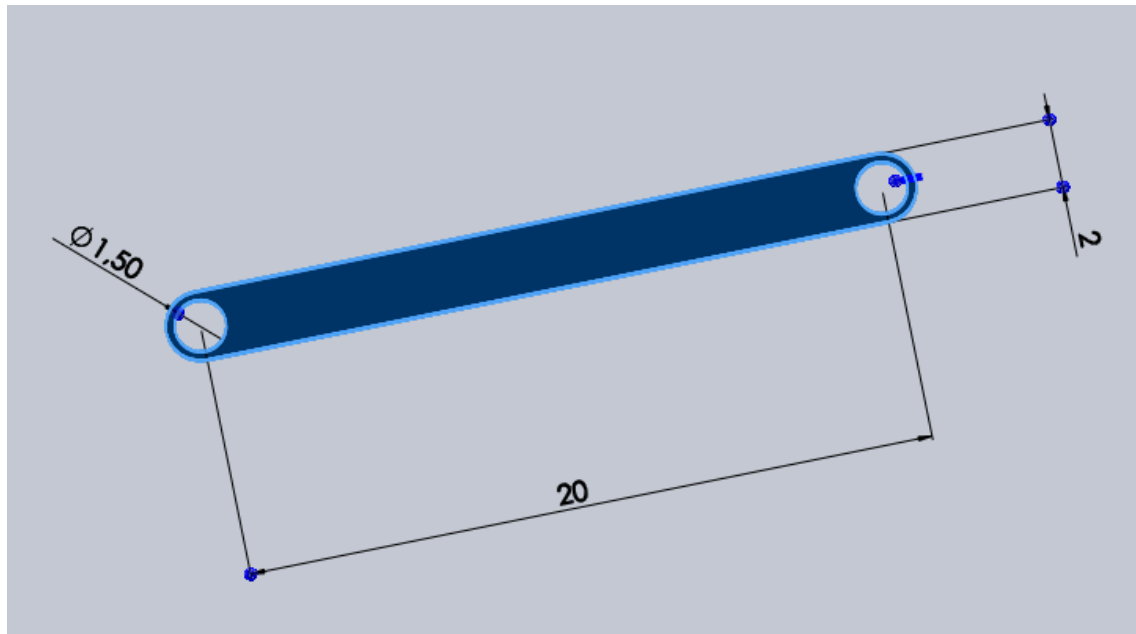


Figura 21. Longitud de la manivela

- La biela:

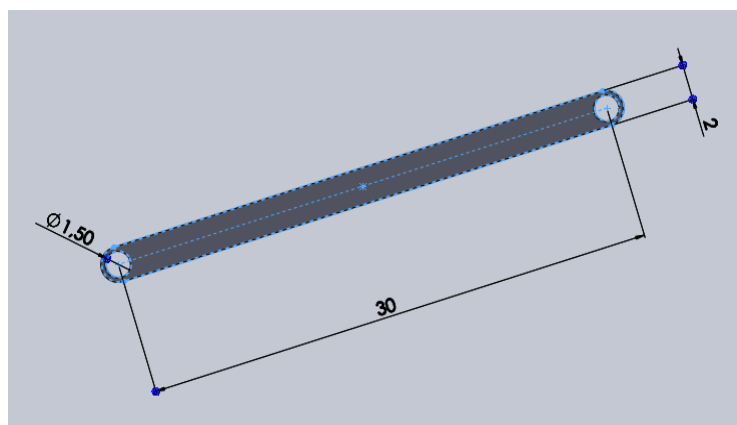


Figura 22. longitud de la biela

- El pistón:

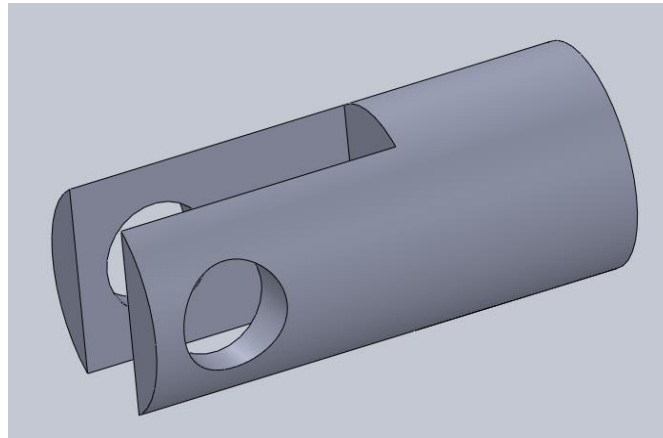


Figura 23. Aspecto pistón

- El ensamblaje del conjunto:

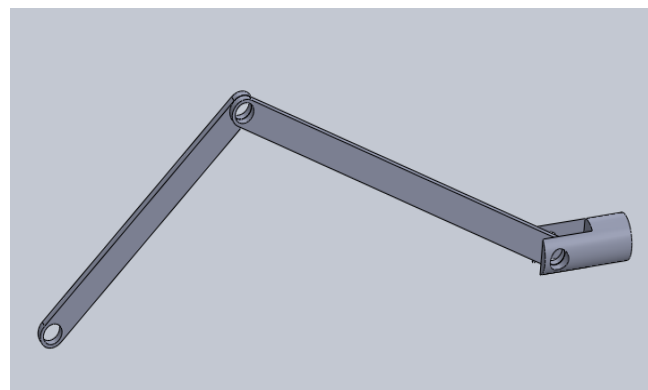


Figura 24. Ensamblaje del conjunto Biela-Manivela

Una vez hecho el ensamblaje de todo el conjunto, se comienza haciendo un nuevo estudio de movimiento.

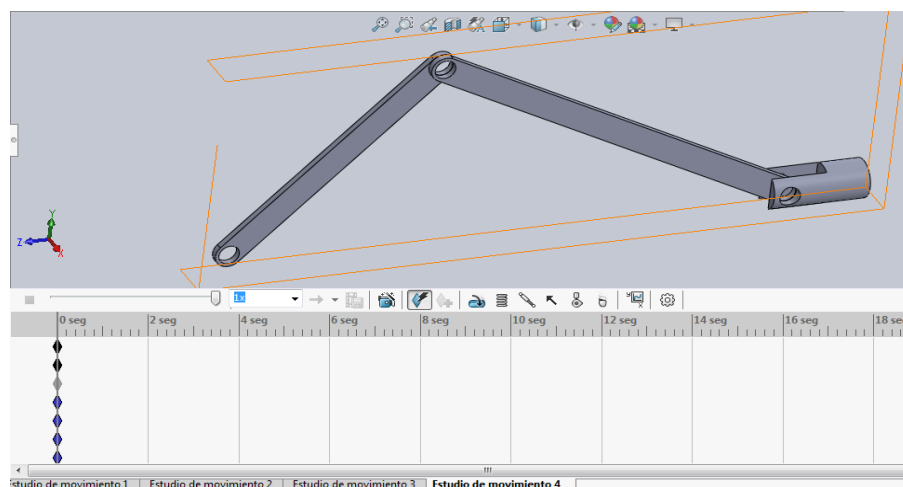


Figura 25. Inicio del estudio de movimiento

Colocamos el mecanismo en una posición en que empieza la impulsión del pistón, o sea en su punto muerto superior (PMS).

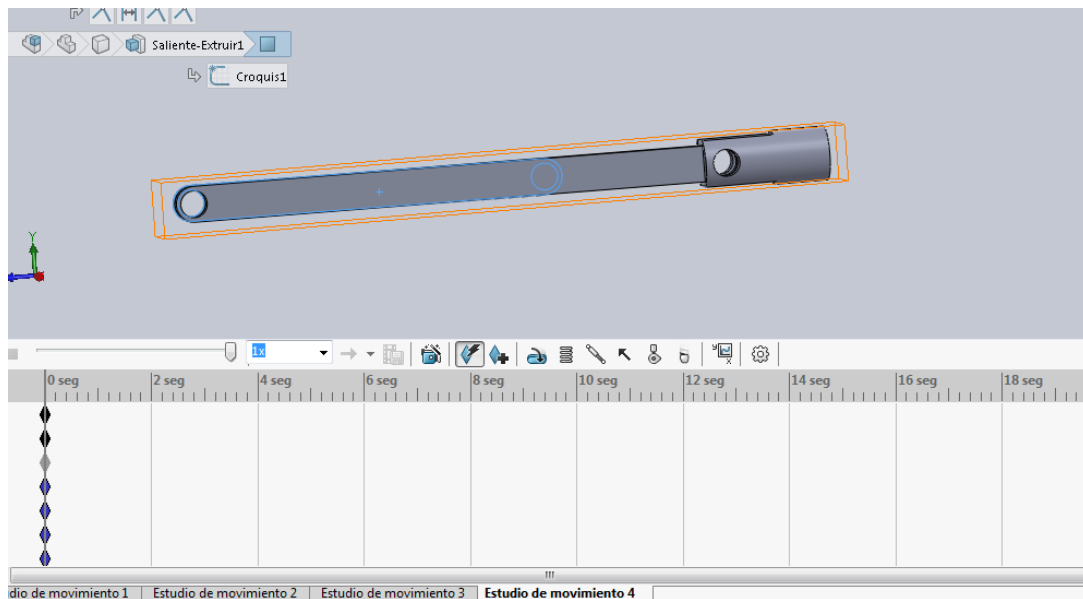


Figura 26. Colocación del pistón en su PMS

El siguiente paso, es aplicar un motor rotatorio en el nudo de la manivela, le aplicamos una velocidad constante de 10 rpm durante 6s, para así conseguir justo una vuelta del mecanismo.

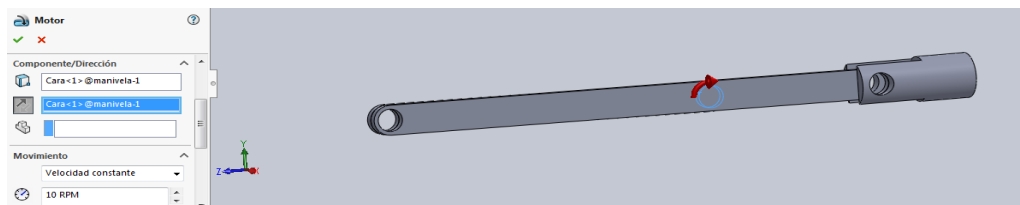


Figura 27. Aplicación de la velocidad

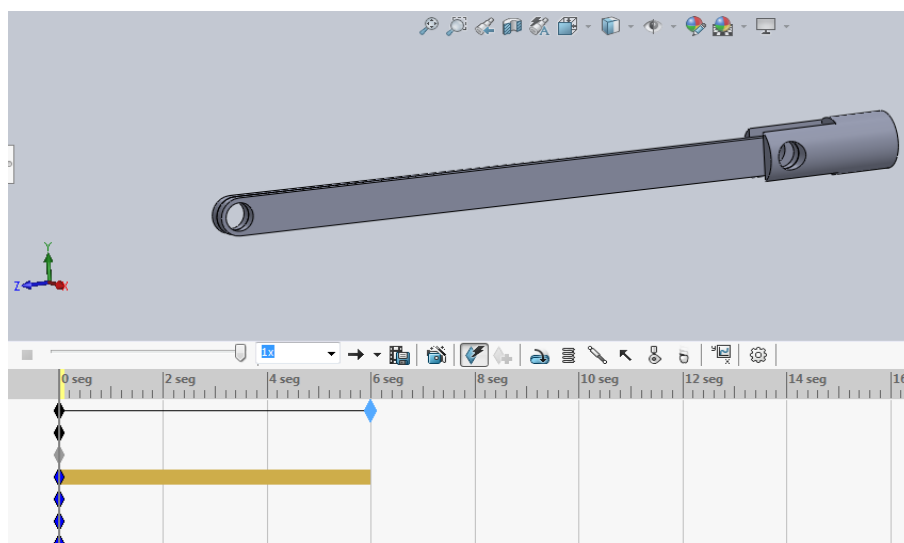


Figura 28. Aplicación del tiempo de simulación

A continuació, se aplica la força de 1090 N en el pistó. La força no és constant, ja que només es aplica durant l'etapa d'impulsió, és a dir, quan el pistó es desplaça des del punt mort superior (PMS) al punt mort inferior (PMI).

Per aconseguir això, s'aplica la força de 1090 N durant els 3 primers segons, o sea durant l'etapa d'impulsió, mentre que, durant els altres tres segons, s'aplica una força de 0 N, és a dir durant l'etapa d'aspiració.

La aplicació de la força és en la cara del pistó com es mostra en la figura següent.

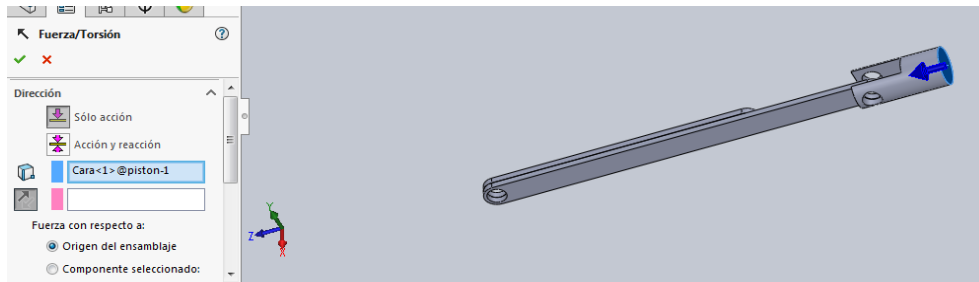


Figura 29. Aplicación de la fuerza

Se elige la opción dentro del apartado “forzar función” la opción de “punto de datos”

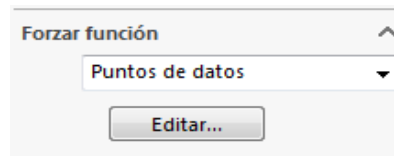


Figura 30. Aplicación de las etapas de la fuerza

Y se rellena la tabla de la izquierda aplicando la fuerza 1090 durante los primeros 3 segundos y una fuerza nula durante el resto de segundos.

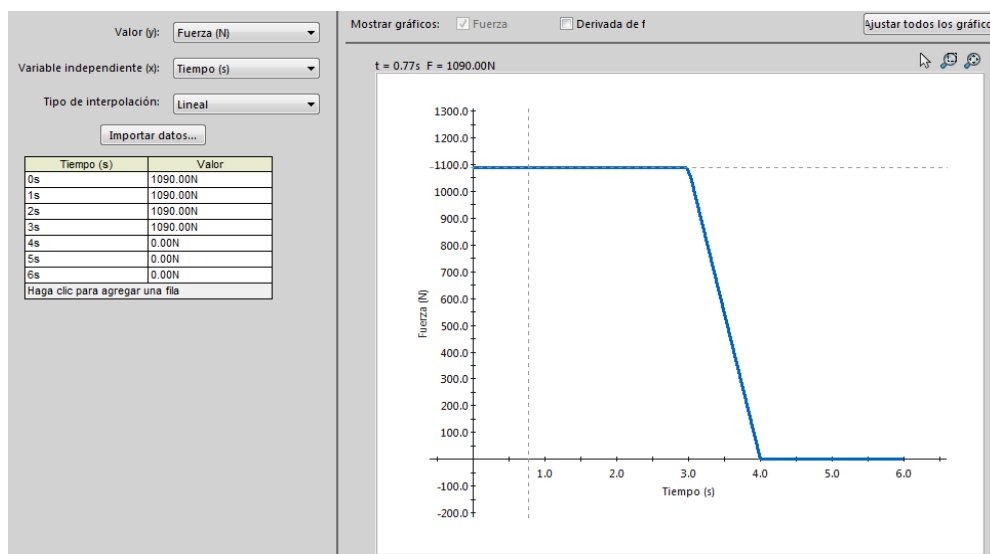


Figura 31. Gráfico de aplicación de fuerza

Por último, y una vez definidas las fuerzas y el motor sobre los componentes, le damos a calcular. En los resultados, buscamos el momento o la fuerza de torsión en el motor.

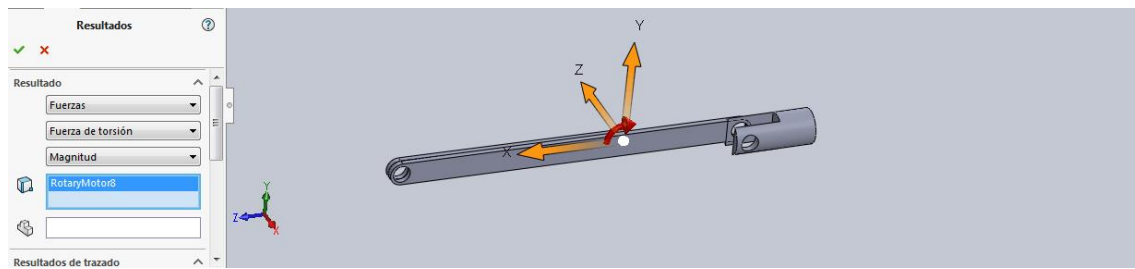


Figura 32. Ejecución del estudio y obtención de resultados

Exportamos los datos y conseguimos los resultados en el gráfico siguiente:

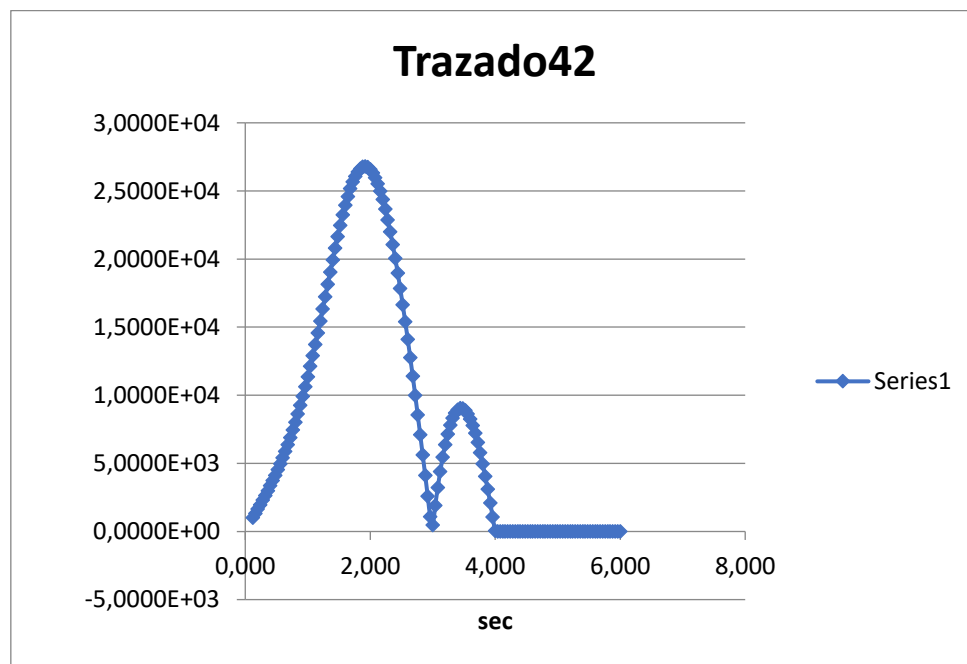


Figura 33. Gráfico de resultados

El resultado del par máximo (M) que se tiene que aplicar en la manivela es de unos **26 N.m** aproximadamente.

Para asegurar que se ha hecho bien el estudio de movimiento, se hace una demostración en una posición de unos 45° de la manivela. Y como en el estudio hecho por el programa, despreciamos tanto el rozamiento del pistón, como el peso propio de los componentes.

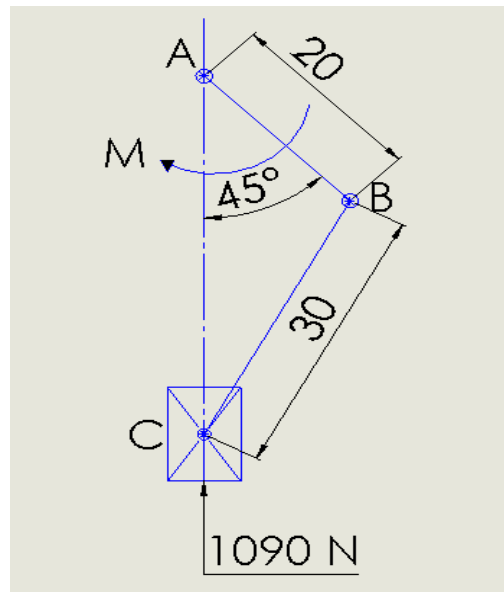


Figura 34. Fuerzas resultantes en el mecanismo Biela-Manivela

Las medidas (en 'mm') de todo el mecanismo son las siguientes:

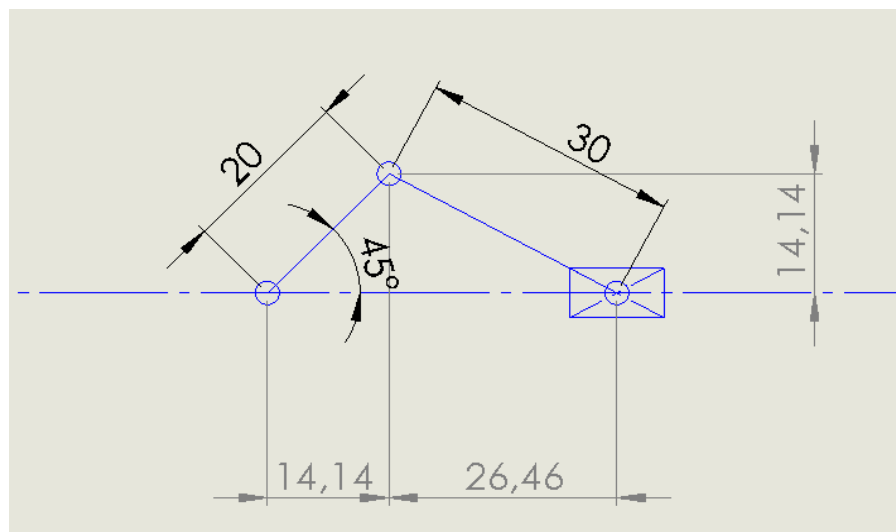


Figura 35. Cotas del mecanismo Biela-Manivela

Procedemos a hacer los diagramas de solido libre para cada uno de los componentes y hacemos el sumatorio de fuerzas y momentos.

- Pistón:

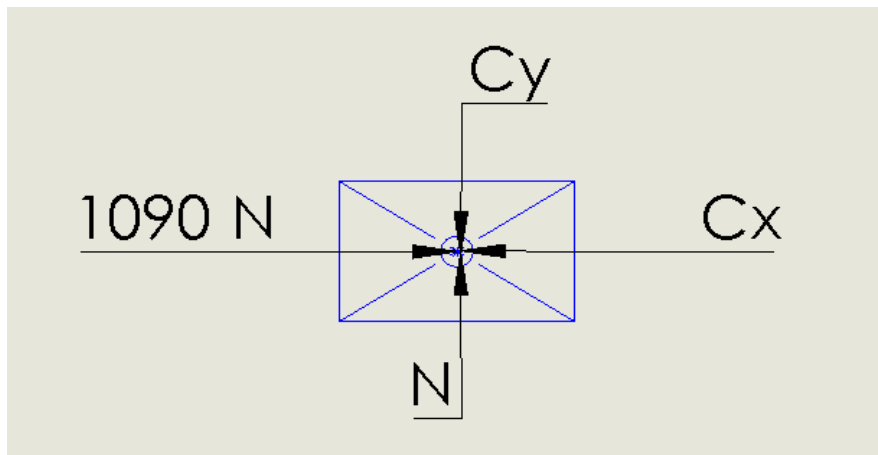


Figura 36. Diagrama sólido libre del pistón

$$\sum F_x \Rightarrow C_x = 1090 \text{ N}$$

$$\sum F_y \Rightarrow C_y = N$$

- Biela:

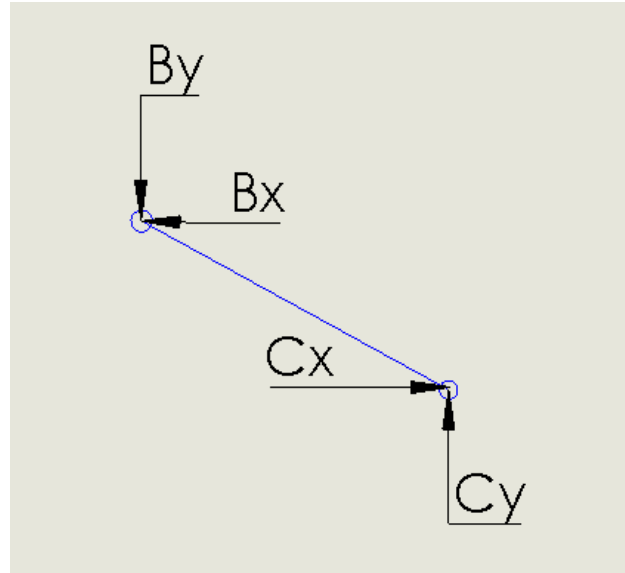


Figura 37. Diagrama sólido libre de la biela

$$\sum F_x \Rightarrow B_x = C_x = 1090 \text{ N}$$

$$\sum F_y \Rightarrow B_y = C_y = N$$

$$\sum M \Rightarrow C_y \cdot 26.46 + C_x \cdot 14.14 = 0 \Rightarrow C_y = -582.49 \text{ N}$$

- Manivela:

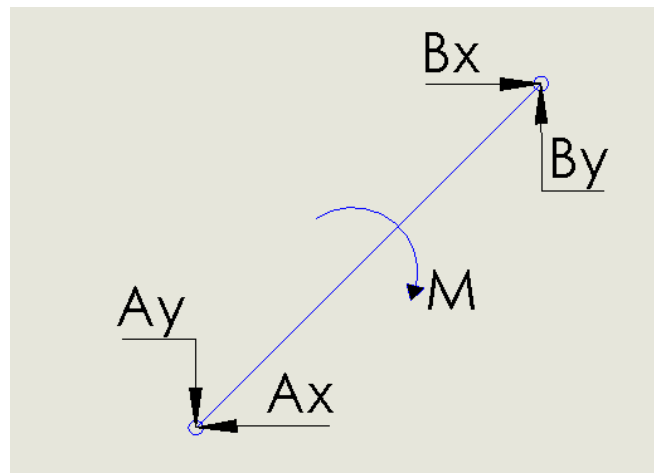


Figura 38. Diagrama sòlido lliure de la manivela

$$\sum F_x \Rightarrow A_x = B_x = 1090 \text{ N}$$

$$\sum F_y \Rightarrow A_y = B_y = -582,49 \text{ N}$$

$$\sum M \Rightarrow M + B_x \cdot 14,14 - B_y \cdot 14,14 = 0 \Rightarrow M = -23,65 \text{ Nm}$$

El moment que se tiene que aplicar en la manivela es de 23,65Nm, aproximadamente, en la posición estudiada. Con este resultado, podemos decir, que el estudio de movimiento se ha hecho bien, ya que es un valor razonable y similar al obtenido anteriormente.

CAPÍTULO 5: EL DISEÑO DE LOS OTROS COMPONENTES BÁSICOS

Una vez hechos los cálculos, y ya se saben todas las fuerzas y los momentos necesarios, se procede a dibujar y modelar los diferentes componentes de manera exacta y adaptar los elementos ya diseñados, al resto del diseño.

5.1. Pistón principal:

El pistón principal es uno de los elementos más importantes del gato hidráulico, ya que es el que ataca y levanta la carga. Según los cálculos realizados, hemos fijado el diámetro del pistón principal en $\varnothing 45$ mm, así que solo nos falta determinar la longitud de éste, que dependerá de la longitud máxima que se pretende darle al gato hidráulico y también de los elementos ya diseñados, como la carcasa y la base.

Según el catálogo en el que se ha basado el dimensionado de nuestro gato hidráulico, la altura máxima, sin contar la conseguida con el alargador, es de unos 323mm aproximadamente.

Para evitar posibles problemas de pandeo, en un principio, se diseñará el pistón de manera que, se conseguirá una altura máxima de 310mm. Cuando el conjunto este definido por completo, se estudiará la posibilidad de añadir un alargador en caso de que la altura no sea suficiente.

Para conseguir la altura máxima de 310mm, hay que tener en cuenta la altura de la base, o el encaje donde se aloja el pistón principal, y también la altura de la carcasa que se ha definido anteriormente, de manera que, en posición de reposo, o sea con el pistón en su punto muerto inferior, el pistón principal, no debería sobresalir mucho, ni debería permanecer escondido por la carcasa y la tuerca de cierre que falta por diseñar.

Dicho esto, para conseguir estas medidas, el pistón principal debería tener una altura de 185mm.

Otro de los detalles que también se han tenido en cuenta, es hacer que el pistón principal tenga dos diámetros diferentes, el diámetro 45 en la parte inferior y es el diámetro más importante, y un diámetro de unos 35mm en gran parte superior del pistón. Este detalle, básicamente, sirve para ahorrar material y el peso del pistón, ya que en la parte inferior se mantiene el diámetro importante de 45mm, pero en la parte superior donde el diámetro importa poco, se opta por unas dimensiones más pequeñas.

Cabe recordar que, también habrá que añadir una junta, con el fin de asegurar la estanqueidad y que no haya fugas ni pérdidas de presión durante el funcionamiento. La junta y el mecanizado dónde va, se definirán más adelante.

Las dimensiones finales del pistón principal son las que se muestran en la figura siguiente:

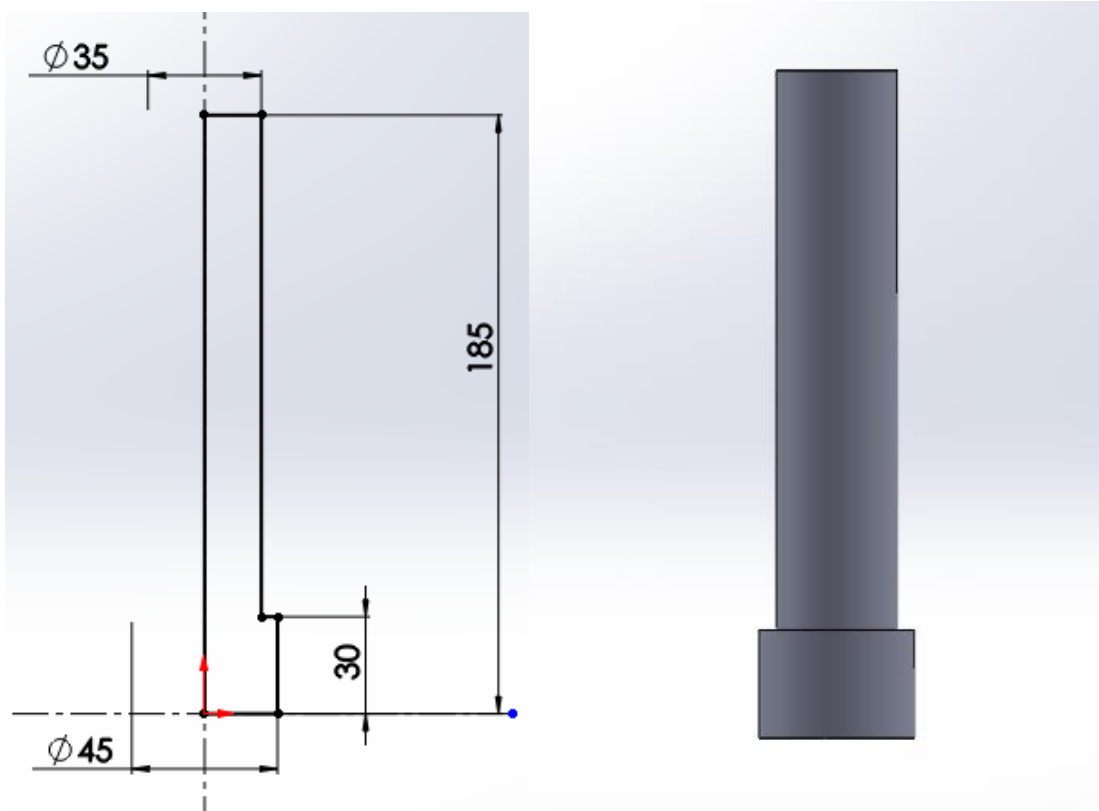


Figura 39. Dimensiones y aspecto del pistón principal

5.2. Pistón secundario:

En cuanto al diseño del pistón secundario, se han tenido en cuenta varios factores para poder darle unas dimensiones correctas.

Primero, y como ya se ha visto en el apartado de los cálculos, se le ha dado un diámetro de Ø15 mm, un poco más grande de lo habitual en estos gatos hidráulicos. Se ha optado por este diámetro sólo por el hecho de asegurar la instalación y el ensamblaje de este elemento con otros elementos, en este caso, el pistón secundario irá montado junto con la biela del mecanismo de accionamiento, y para que el acoplamiento entre estos dos elementos sea seguro, es muy importante que el pistón tenga suficiente material, con el fin de añadir otros elementos de fijación entre el pistón y la biela, como pueden ser, anillos de seguridad, pasadores, casquillos, etc.....

Otro factor que se tendrá en cuenta es la carrera del pistón secundario, por eso es importante que la longitud sea la correcta para evitar cualquier interferencia o defectos de diseño. En un principio, la longitud no se definirá de manera exacta hasta que esté todo el mecanismo de accionamiento diseñado y determinado de manera exacta.

Dicho esto, y como primer paso, se diseña un pistón con una longitud de 72mm y se le hace un mecanizado de diámetro 8mm para el pasador que se utilizará en la unión entre el pistón secundario y la biela.

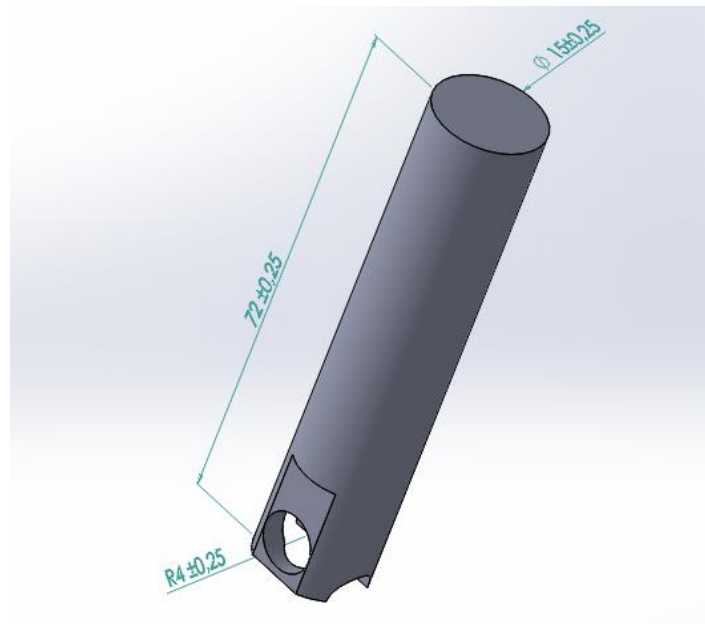
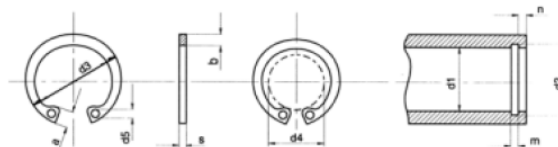


Figura 40. Dimensiones y aspecto del pistón secundario

El siguiente paso, es hacer los correspondientes mecanizados de los anillos de seguridad, que asegurarán que el pasador no se salga de su alojamiento dentro del pistón secundario. Para esto, se buscan catálogos de anillos de seguridad, donde se encuentran las dimensiones que se deben cumplir a la hora de utilizar estos anillos.

En nuestro caso, se buscan anillos para agujeros de tipo (I) DIN 472. Y como ya se ha mencionado antes, los agujeros para el pasador hacen 8mm.

Buscando en catálogos, se encuentran una gran serie de datos e informaciones que ayudan a diseñar los alojamientos de estos anillos de seguridad. Como se muestra en la siguiente figura:



DESIGNACION: Para diámetro del agujero 40 mm.

Anillo de seguridad 40 I DIN 472

Med. Nom. d1	ANILLO							RANURA					Fuerza Axial KG. ≤
	s h11	a max.	b n	d3	Toler.	d4	d5	Peso Kgs. x 1000 Pz.	d2	Toler.	m H 13	n min.	
8	0,8	2,4	1,1	8,7		3	1	0,123	8,4	H11 +0,09	0,90		170
9		2,5	1,3	9,8		3,7		0,150	9,4	-0		0,6	
10		3,2	1,4	10,8		3,3	1,2	0,267	10,4				310
11		3,3	1,5	11,8		4,1		0,310	11,4				
12		3,4	1,7	13		4,9	1,5	0,370	12,5			0,75	337
13		3,6	1,8	14,1		5,3		0,420	13,6			0,9	354
14		3,7	1,9	15,1		6,2		0,520	14,6			1,1	379
15			2	16,2		7,2	1,7	0,560	15,7			1,2	422
16	1	3,8		17,3		8		0,600	16,8				515
17		3,9	2,1	18,3		8,8		0,650	17,8				547
18			2,2	19,5		9,4		0,740	19				725
19		4,1		20,5		10,4		0,830	20				764
20			2,3	21,5		11,2		0,900	21	H11 +0,13		1,5	805

Figura 41. Selección de los anillos de seguridad

Una vez determinadas las dimensiones que deben cumplir los alojamientos de los anillos de seguridad, se procede a mecanizarlos.

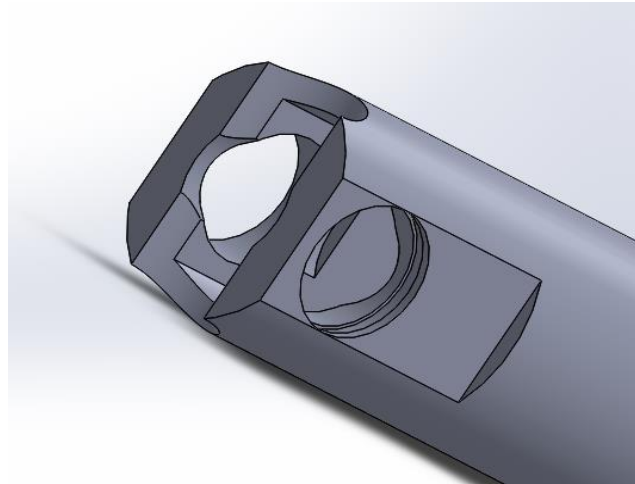


Figura 42. Detalle encaje de los anillos de seguridad

5.3. Camisa principal:

La camisa principal es el elemento que acoge el pistón principal, y es el elemento que más sufre en cuanto a esfuerzos durante el funcionamiento del sistema, ya que en su interior se producen las tensiones más elevadas del gato hidráulico cuando se está aguantando y levantando la carga.

Para determinar el diámetro interior, solo se ha tenido como referencia el diámetro de 45mm del pistón principal, y en cuanto a la longitud se le dará una longitud con el fin de que no se sobresalga y que se limite por la carcasa y la base, o sea tendrá una longitud de unos 168mm.

En cuanto al espesor de la camisa principal, que definirá el diámetro exterior, y como ya se sabe que es el elemento del sistema que más sufre en cuanto a tensiones, se ha decidido buscar normas que determinan o ayudan a diseñar elementos parecidos, de manera que se asegure su diseño, y también, su buen funcionamiento.

Se ha podido encontrar una norma:

- UNE-EN 13445-3:2009 (recipientes a presión no sometidos a llama. Parte 3: diseño).

Antes de proceder a hacer cálculos para determinar el espesor de la camisa principal, es importante definir el material de ésta. En el caso de elementos que se utilizan en aplicaciones similares, se suele utilizar el acero al carbono P-355GH y que tiene las propiedades siguientes:

Denominación	Re (Mpa)	Rm (MPa)
P355GH+N EN 10028-2	355	510 – 650

Tabla 2. Características del acero al carbono P-355GH

Las normas proporcionan una serie de fórmulas para poder calcular el espesor.

7.4.2 Envoltentes cilíndriques

El espesor requerido debe calcularse a partir de una de las dos ecuaciones siguientes:

$$e = \frac{P \cdot D_i}{2f \cdot z - P} \quad (7.4-1)$$

o

$$e = \frac{P \cdot D_e}{2f \cdot z + P} \quad (7.4-2)$$

Para una geometría dada:

$$P_{\text{máx.}} = \frac{2f \cdot z \cdot e_a}{D_m} \quad (7.4-3)$$

NOTA Para la aplicación de esta fórmula los diferentes casos de carga de ensayo, véase el apartado 3.16, nota 1.

Figura 43. Fórmulas para calcular el espesor de la camisa según la norma

Designación del acero	Situaciones normales de servicio ^{a b}	Situaciones de ensayo y situaciones excepcionales ^{b c}
Aceros según el apartado 6.2 $A < 30\%$ ^d	$f_d = \min \left(\frac{R_{p0,2/T}}{1,5}; \frac{R_{m/20}}{2,4} \right)$	$f_{\text{test}} = \left(\frac{R_{p0,2/T_{\text{test}}}}{1,05} \right)$
Aceros según el apartado 6.3 Ruta alternativa $A < 30\%$ ^d	$f_d = \min \left(\frac{R_{p0,2/T}}{1,5}; \frac{R_{m/20}}{1,875} \right)$	$f_{\text{test}} = \left(\frac{R_{p0,2/T_{\text{test}}}}{1,05} \right)$
Aceros austeníticos según el apartado 6.4 $30\% \leq A < 35\%$ ^d	$f_d = \left(\frac{R_{p1,0/T}}{1,5} \right)$	$f_{\text{test}} = \left(\frac{R_{p1,0/T_{\text{test}}}}{1,05} \right)$
Aceros austeníticos según el apartado 6.5 $A \geq 35\%$ ^d	$f_d = \max \left[\left(\frac{R_{p1,0/T}}{1,5} \right); \min \left(\frac{R_{p1,0/T}}{1,2}; \frac{R_{m/T}}{3} \right) \right]$	$f_{\text{test}} = \max \left[\left(\frac{R_{p1,0/T_{\text{test}}}}{1,05} \right); \left(\frac{R_{m/T_{\text{test}}}}{2} \right) \right]$
Fundiciones de Acero según el apartado 6.6	$f_d = \min \left(\frac{R_{p0,2/T}}{1,9}; \frac{R_{m/20}}{3} \right)$	$f_{\text{test}} = \left(\frac{R_{p0,2/T_{\text{test}}}}{1,33} \right)$

Figura 44. Fórmulas para calcular las tensiones nominales de diseño según la norma

e: espesor (mm).

Di: Diámetro interior de la camisa (mm).

f: tensión nominal de cálculo (MPa).

z: coeficiente de unión.

P: presión de cálculo (MPa).

Rp/Re: valor mínimo de límite convencional de elasticidad.

Rm: valor mínimo de la resistencia a la tracción.

Antes de calcular el espesor, se calcula primero la presión de cálculo producida dentro de la camisa:

$$P = \frac{\text{Fuerza (N)}}{\text{Sección de la camisa (mm}^2\text{)}} = \frac{1000 \cdot 9,81}{\frac{\pi}{4} \cdot 45^2} = 6,17 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} = 6,17 \text{ MPa}$$

A continuación, se calcula la tensión nominal de cálculo, utilizando las fórmulas de la norma, junto con las características del material usado.

Según la norma, y en condiciones de situación normal de servicio, “f=fd”.

$$fd = \min \left(\frac{Re}{1,5}; \frac{Rm}{2,4} \right) = \min \left(\frac{355}{1,5}; \frac{510}{2,4} \right)$$

$$fd = f = 212,5 \text{ MPa}$$

Finalmente, se calcula el espesor, considerando que el coeficiente de unión es de 1, ya que, según la norma, si no se realiza ningún tipo de unión, z=1.

$$e = \text{espesor} = \frac{P \cdot Di}{2 \cdot f \cdot z - P} = \frac{6,17 \cdot 45}{2 \cdot 212,5 \cdot 1 - 6,17} = 0,663 \text{ mm}$$

Según las fórmulas de la norma, el espesor debe ser como mínimo de 0.663mm, pero teniendo en cuenta que la camisa irá mecanizada y roscada en sus extremos, le damos un espesor de 2mm para prevenir cualquier fallo.

Una vez definidas las dimensiones básicas de la camisa principal, quedará como en la siguiente figura:

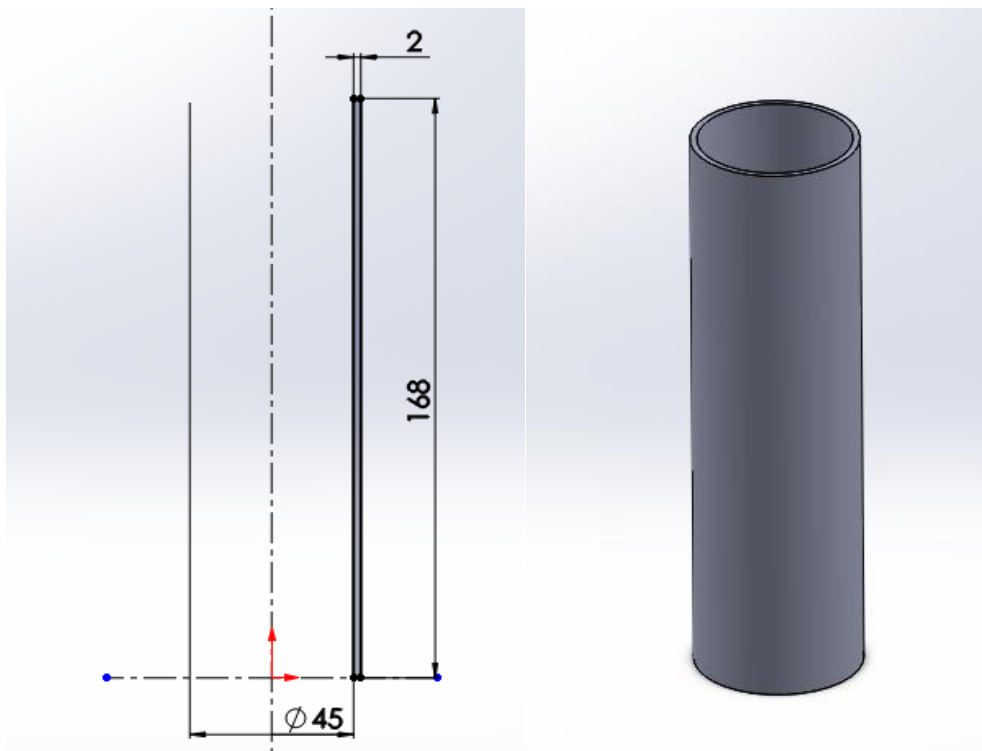


Figura 45. Dimensiones y aspecto de la camisa principal

Otro de los detalles que se tienen que definir, son las roscas que lleva la camisa principal. En la parte inferior se utiliza una rosca exterior métrica de M48, esta parte va roscada en la base. En cuanto a la parte superior, se usa una rosca interior métrica de M45, y es donde va roscada la tuerca de cierre que se diseñará a continuación.

Con las roscas, ya dejamos por definido por completo el diseño y las dimensiones de la camisa principal.



Figura 46. Detalle de las roscas mecanizadas en la camisa principal

5.4. Camisa secundaria:

La camisa secundaria es el elemento donde hará el pistón secundario su recorrido de ascender y descender. Es un elemento que no estará dispuesto a grandes tensiones y esfuerzos como en el caso de la camisa principal, y por eso, no se tendrá que aplicar ninguna norma.

Para determinar las diferentes dimensiones de la camisa, se ha tenido en cuenta como diámetro interior los 15mm que tiene el pistón. En cuanto al espesor se le darán unos 2,5mm.

A continuación, se le da una longitud de 80mm en un principio, ya que es un dato que se modificará más adelante una vez definido todo el mecanismo de accionamiento.

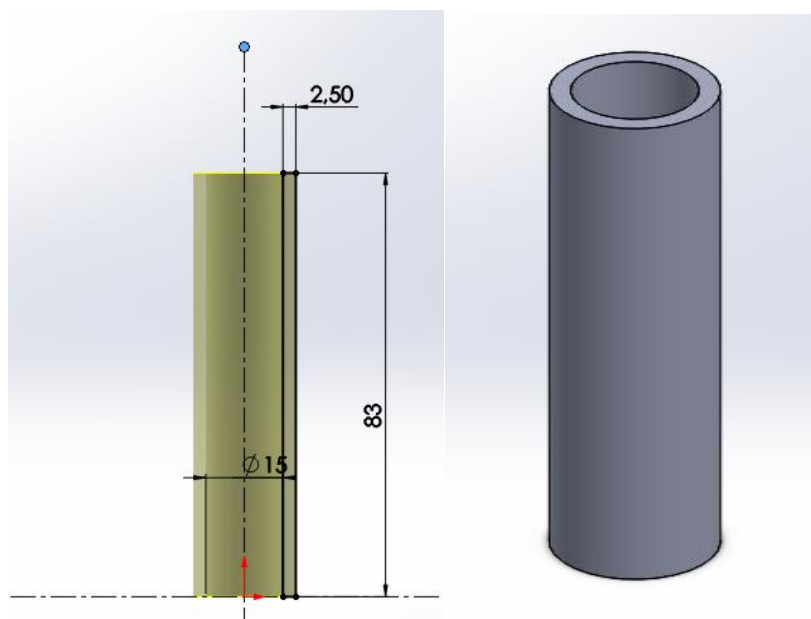


Figura 47. Dimensiones y aspecto de la camisa secundaria

Por último, se mecaniza una rosca métrica de M20 en la parte inferior donde va roscada en la base.

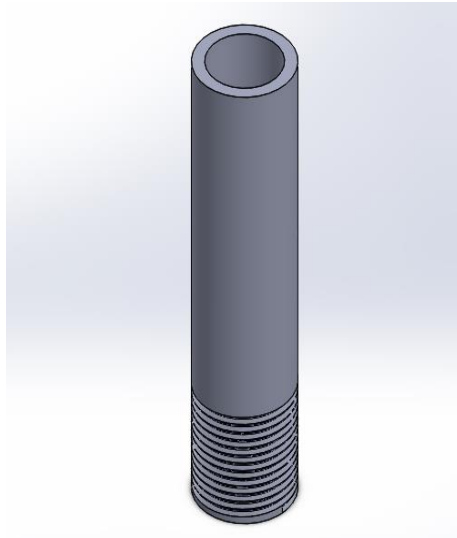


Figura 48. Detalle de la rosca en la camisa secundaria

5.5. Tuerca de cierre:

La tuerca de cierre es el elemento que une la carcasa con la camisa principal que a su vez está roscada en la base, de esta manera, se consigue que la carcasa quede fijada a la base.

Para conseguir esto, se le hace una rosca de métrico M45 que va roscada en la camisa principal mediante la rosca que se ha hecho anteriormente. Por otro lado, y gracias a una ala que se le pone, presiona a la carcasa para que quede fijada a la base y que no tenga ningún juego.

Otra dimensión importante, es el diámetro interior, que se puede aprovechar para ser una guía para el pistón principal, en la parte en que su diámetro es de 35mm y a la vez, sirve de tope para el pistón una vez llega a tocarse su parte inferior con la tuerca de cierre.

Teniendo en cuenta todos los factores y parámetros mencionados anteriormente, la tuerca de cierre queda definida de la siguiente manera:

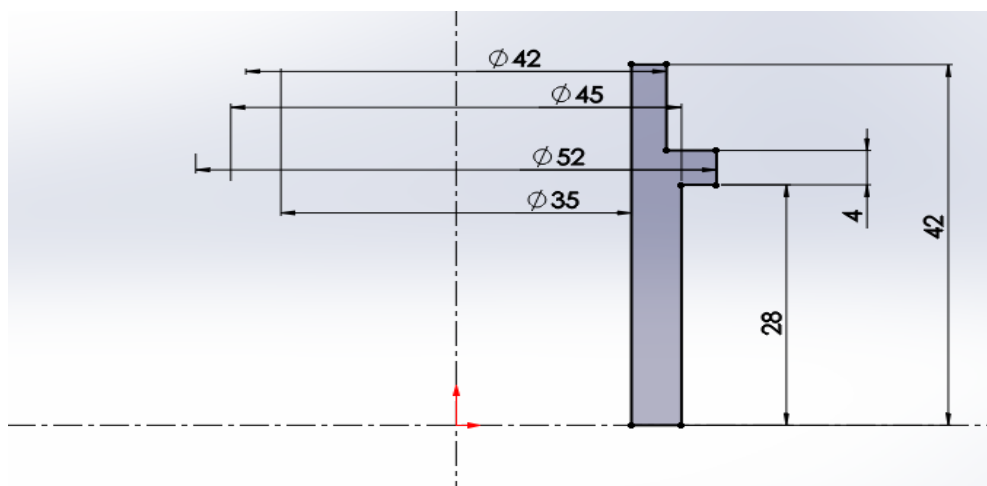


Figura 49. Dimensiones tuerca de cierre

Como último detalle, queda definir la cabeza de la tuerca, para facilitar su montaje y desmontaje. Se opta por una forma hexagonal de 40.

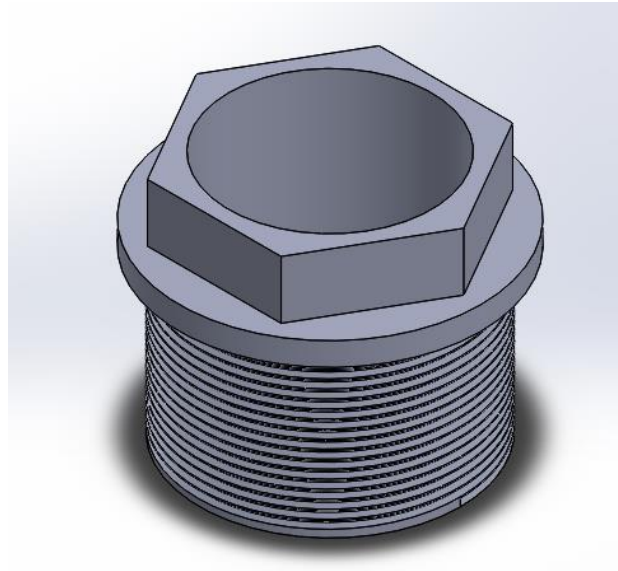


Figura 50. Aspecto de tuerca de cierre

5.6. Modificaciones en la base:

Para adaptar la base a los diferentes componentes que se han modificado y diseñado de nuevo, se hacen una serie de cambios y modificaciones.

- Se definen los diámetros de los alojamientos de las camisas, tanto la principal como la secundaria. El diámetro de la camisa principal será de 48mm y se hará una rosca interior métrica de M48, donde irá roscada la dicha camisa. En cuanto al alojamiento de la camisa secundaria, se le da un diámetro de 20 y una rosca interior métrica M20.
- Por otra banda se define el alojamiento de la carcasa, que consiste en un mecanizado de $\varnothing 65 \times \varnothing 71$ y una profundidad de 5mm.

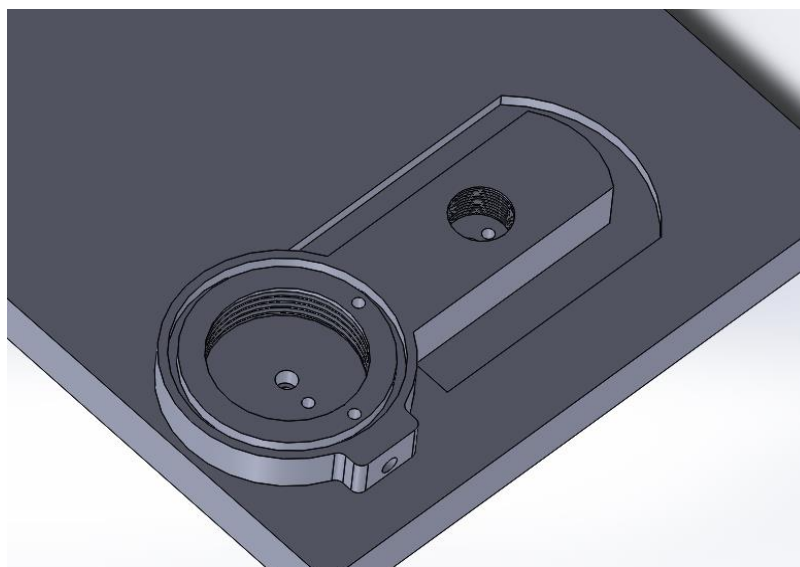


Figura 51. Mecanización de las roscas en la base

CAPÍTULO 6: EL DISEÑO DEL MECANISMO DE ACCIONAMIENTO

Como ya se ha decidido anteriormente, se opta por un mecanismo de Biela-Manivela en cuanto al mecanismo de accionamiento de nuestro gato hidráulico. A falta del pistón secundario que ya se ha diseñado, se deben diseñar y modelar una serie de piezas que componen este mecanismo.

Para el diseño de estos elementos, se ha tenido en cuenta factores importantes, como son las fuerzas generadas en el sistema, materiales de fabricación, etc...

6.1. Biela:

En todo mecanismo Biela-Manivela, y como su nombre indica, la biela es una parte fundamental en el sistema, es la parte que une otras dos piezas importantes; la manivela y el pistón, mediante pasadores y otras piezas.

Antes de proceder a diseñar cualquier tipo de biela, se hace un estudio de movimiento, como el que se hizo anteriormente con el programa Solidworks, con el objetivo de calcular las fuerzas de reacción en las uniones, tanto entre manivela y biela, como entre biela y pistón.

Las dimensiones del mecanismo ya se han definido, y la fuerza que está aplicada en el pistón es de 1090 N que se ha calculado en otros apartados, ahora solo falta ejecutar el mecanismo y calcular las fuerzas en las uniones. Se siguen los pasos a continuación:

- Se abre un nuevo estudio de movimiento.

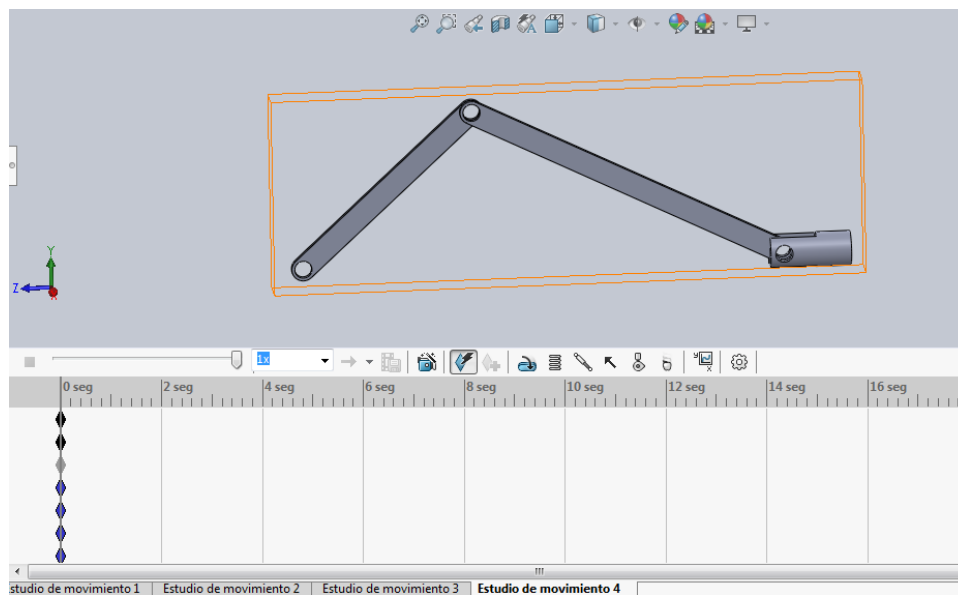


Figura 52. Inicio de un nuevo estudio de movimiento

- Se aplica la fuerza de 1090N sobre la cara del pistón. Como ya se sabe, es una fuerza que solo es aplicada cuando el pistón secundario realiza su carrera descendente. Para no complicar el estudio, en este caso podemos considerar que la fuerza es constante, ya que no alterará los resultados de la fuerza máxima que se genera en las uniones.

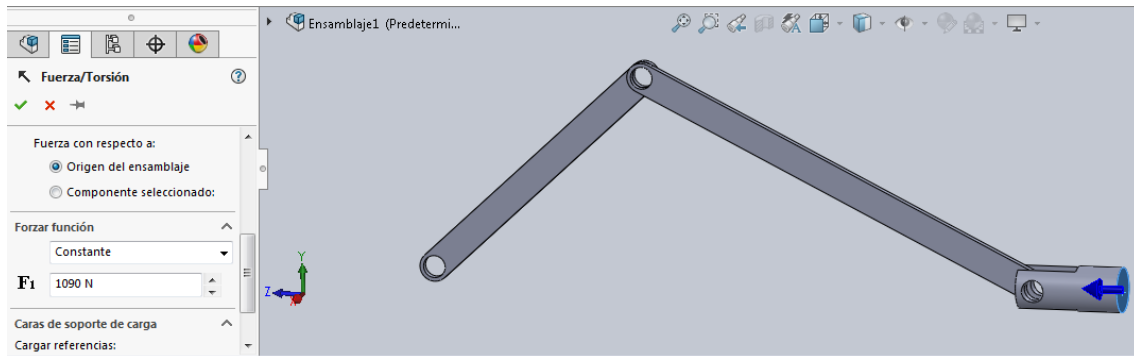


Figura 53. Aplicación de la fuerza sobre el pistón secundario

- A continuación, se da una velocidad angular de unos 60 rpm, mediante la aplicación de un motor sobre el eje de la manivela durante unos 6 segundos, tiempo suficiente para recopilar resultados de manera clara y apreciar el movimiento de todo el mecanismo.

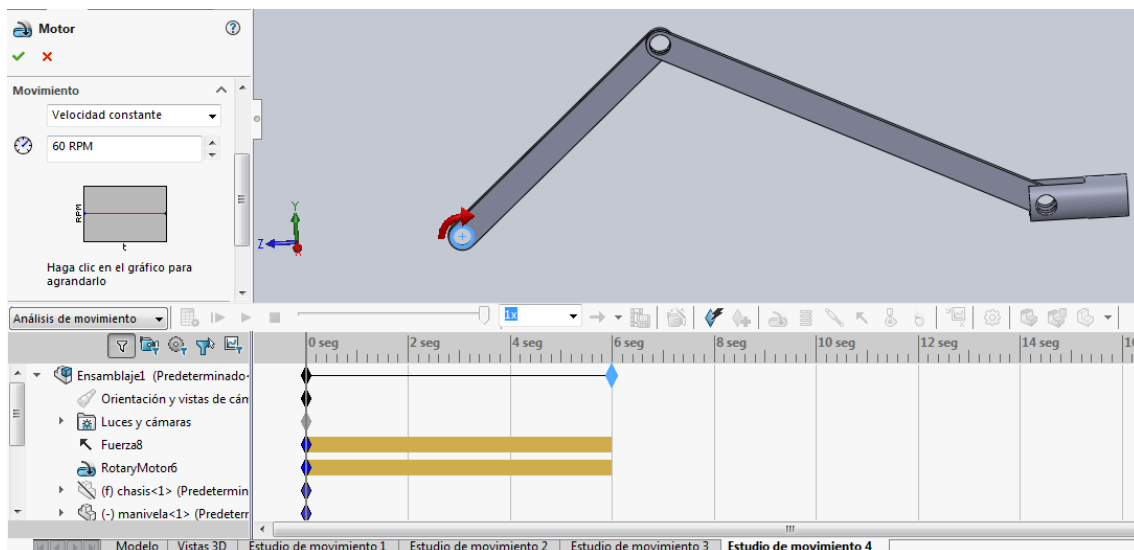


Figura 54. Aplicación del motor y el tiempo de la simulación

- Para la obtención de los resultados, se seleccionan las fuerzas de reacción en las uniones, de la manera siguiente, en el caso de la unión entre el pistón y la biela:

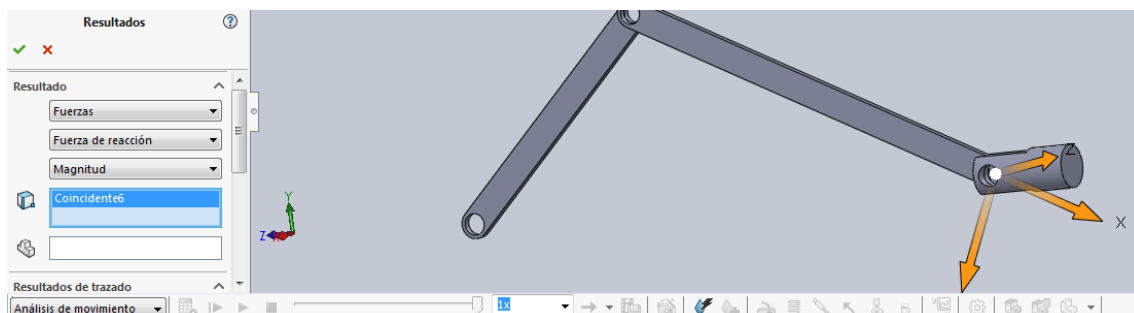


Figura 55. Obtención de los resultados

- Se hace lo mismo en el caso de la unión entre la biela y manivela.

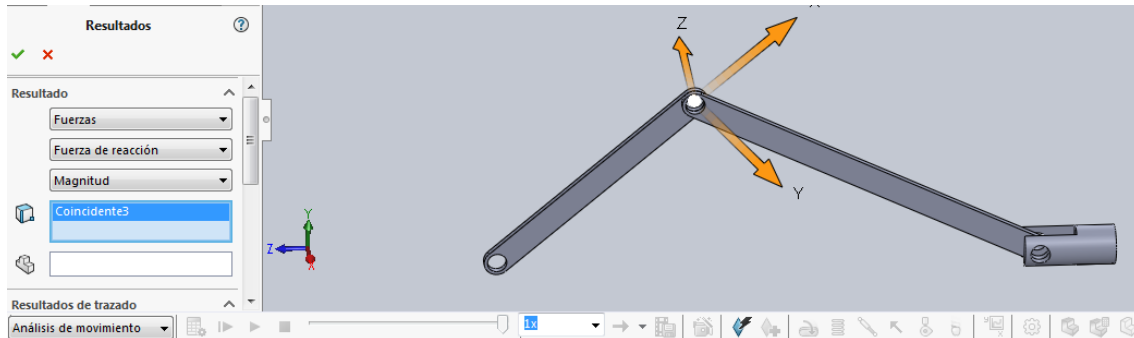


Figura 56. Obtención de los resultados

- Tanto en la primera unión como en la segunda, se consigue el mismo gráfico, y por lo tanto la misma fuerza máxima, alrededor de **1460N**.

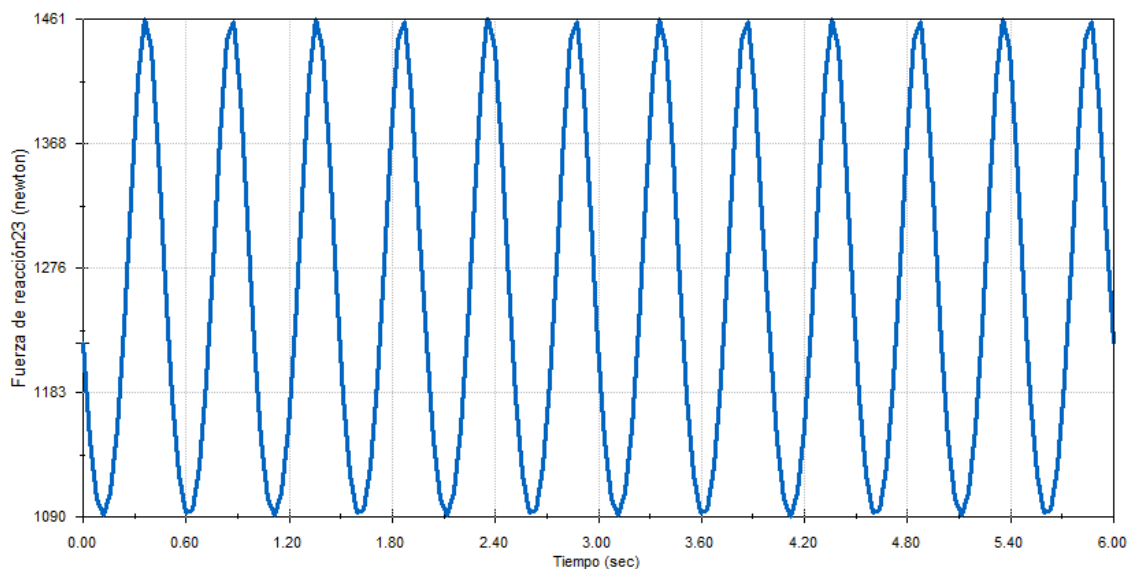


Figura 57. Gráfico de los resultados

A continuación, se procede a diseñar la biela de nuestro gato hidráulico, y en un principio, se presentan dos ideas de diseño teniendo en cuenta el diseño de la manivela o el cigüeñal. La diferencia entre las dos ideas es que, para facilitar el montaje entre la biela y el cigüeñal, una de las dos partes se tiene que diseñar en dos piezas, si se decide que la biela se haga en una pieza, el cigüeñal debería ser en dos o más piezas para un montaje adecuado, y al contrario, si se hace el cigüeñal en una sola pieza, la biela tendría que ser de dos piezas.

Para decidir entre las dos opciones, se opta por hacer simulaciones de elementos finitos, y la opción en que la pieza sufra menos, será la opción de diseño elegida.

6.1.1. Opción diseño 1 (Biela en una sola pieza):

En esta opción, las únicas medidas que se saben hasta ahora, y por las que se comienza son; la longitud de la biela que es de 30mm y el mecanizado de unión entre el pistón secundario y la biela, se le ha dado un diámetro de 8mm.

El diámetro del mecanizado de unión entre la biela y el cigüeñal, se le da un valor 13mm, teniendo en cuenta que irán montados otros elementos entre las dos partes.

En cuanto a los diámetros exteriores, se opta por un diámetro de $\varnothing 12\text{mm}$ y de $\varnothing 20\text{mm}$ en un principio, cabe decir que son medidas que podrían modificarse si hace falta.

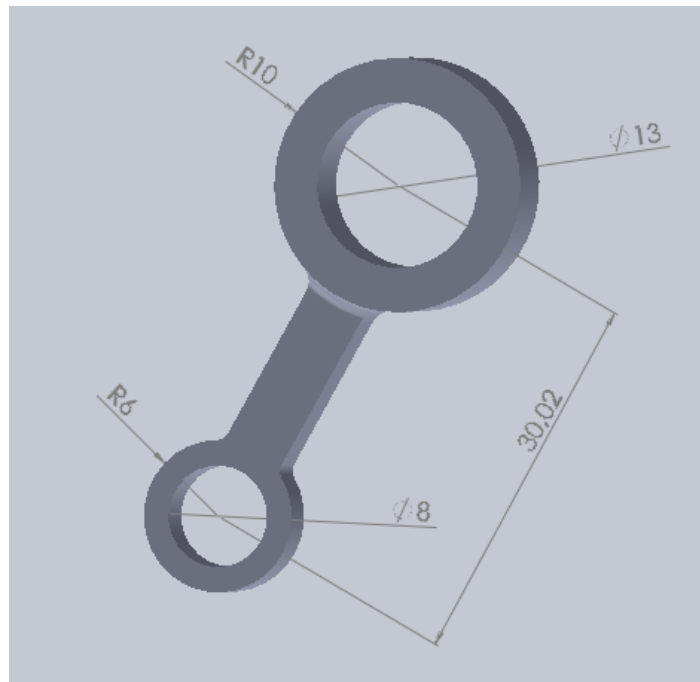


Figura 58. Dimensiones de la biela

Una vez definidas las dimensiones de la biela, se buscan referencias de materiales de fabricación de bielas. Tras una breve búsqueda se decide como material, **AISI 4330 Acero Normalizado**, ya que es un material que se utiliza mucho en estas aplicaciones.

Una breve tabla de propiedades del material se muestra en la siguiente figura:

Propiedad	Valor	Unidades
Módulo elástico	2.05e+011	N/m ²
Coefficiente de Poisson	0.32	N/D
Módulo cortante	8e+010	N/m ²
Densidad de masa	7850	kg/m ³
Límite de tracción	1110000000	N/m ²
Límite de compresión		N/m ²
Límite elástico	710000000	N/m ²
Coefficiente de expansión térmica	1.23e-005	/K
Conductividad térmica	44.5	W/(m·K)

Tabla 3. Propiedades del acero normalizado AISI 4330

Una vez determinado el material, se procede a la realización de la simulación que será un análisis estático. Se desarrollará en los siguientes pasos hasta obtener los resultados:

- Se aplica el material para toda la pieza.

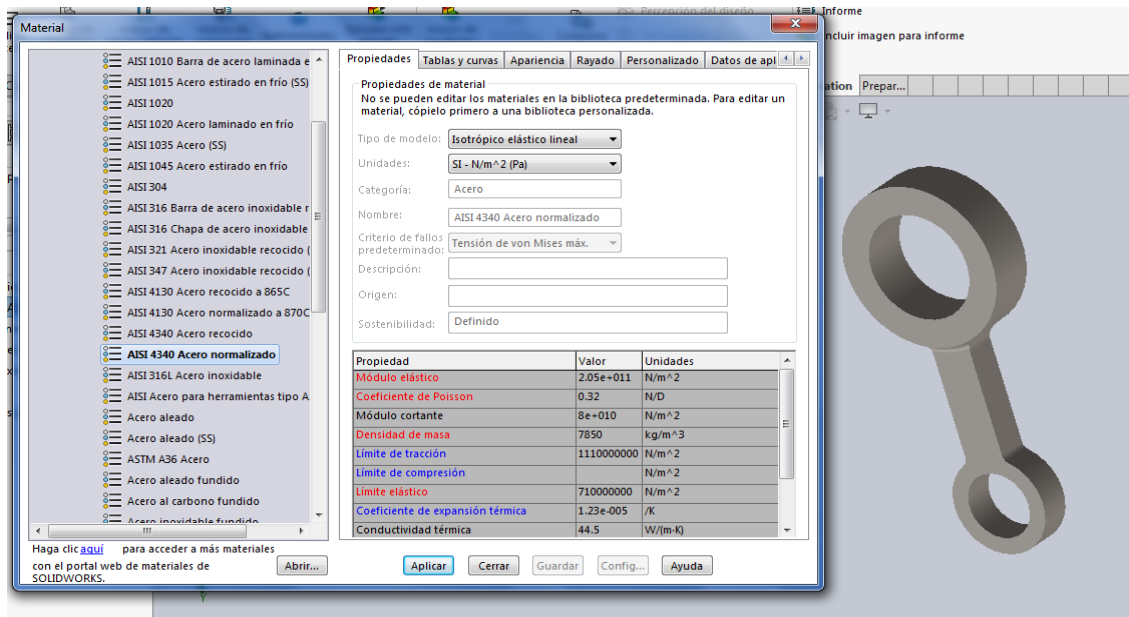


Figura 59. Aplicación del material

- En cuanto a las sujeciones, se pone una geometría fija en uno de los extremos de la biela, como muestra la siguiente figura.



Figura 60. Restricción fija de la biela

- El siguiente paso, es la aplicación de la fuerza 1460N calculada en el apartado anterior en el otro extremo, de manera que se produzca una compresión, ya que está fuerza solo es generada cuando el pistón realiza la carrera descendiente, o sea durante la compresión.

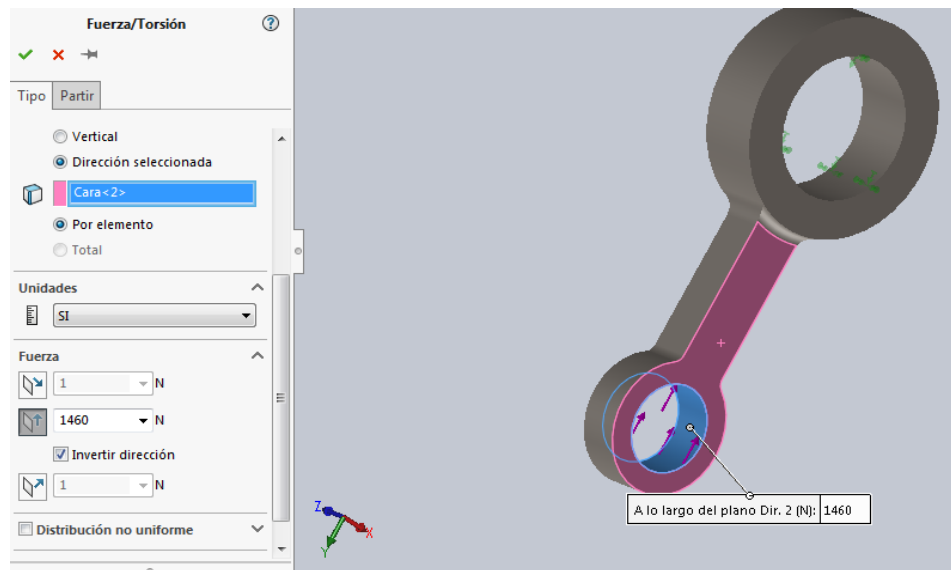


Figura 61. Aplicación de la fuerza

- A continuación, se hace el mallado de la pieza y se ejecuta la simulación.
- Se obtienen los siguientes resultados tanto de la tensión de Von mises, Desplazamientos y factor de seguridad.

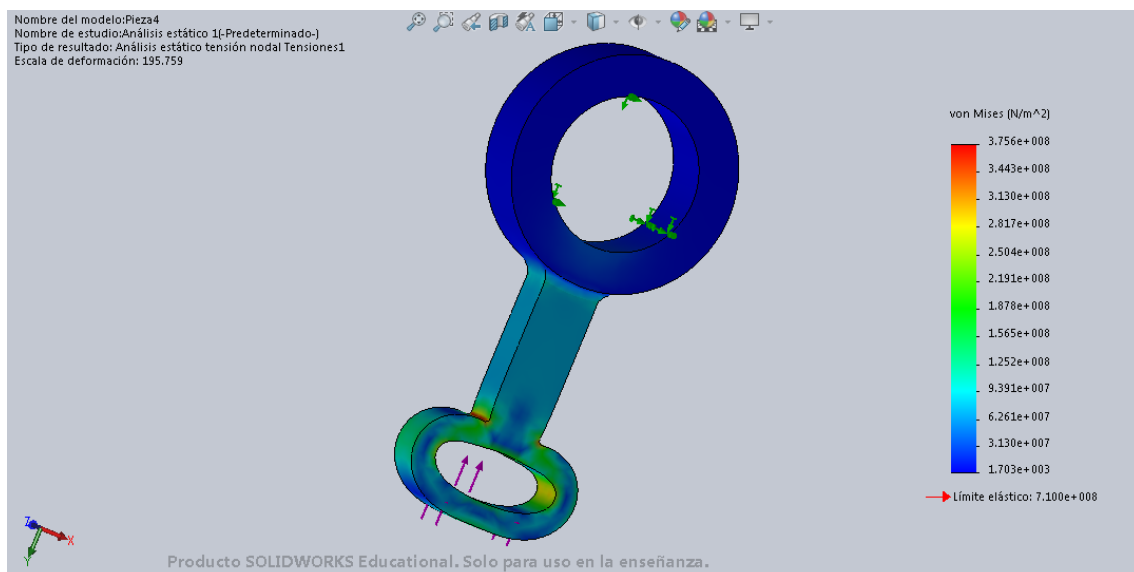


Figura 62. Resultados de tensión Von Mises

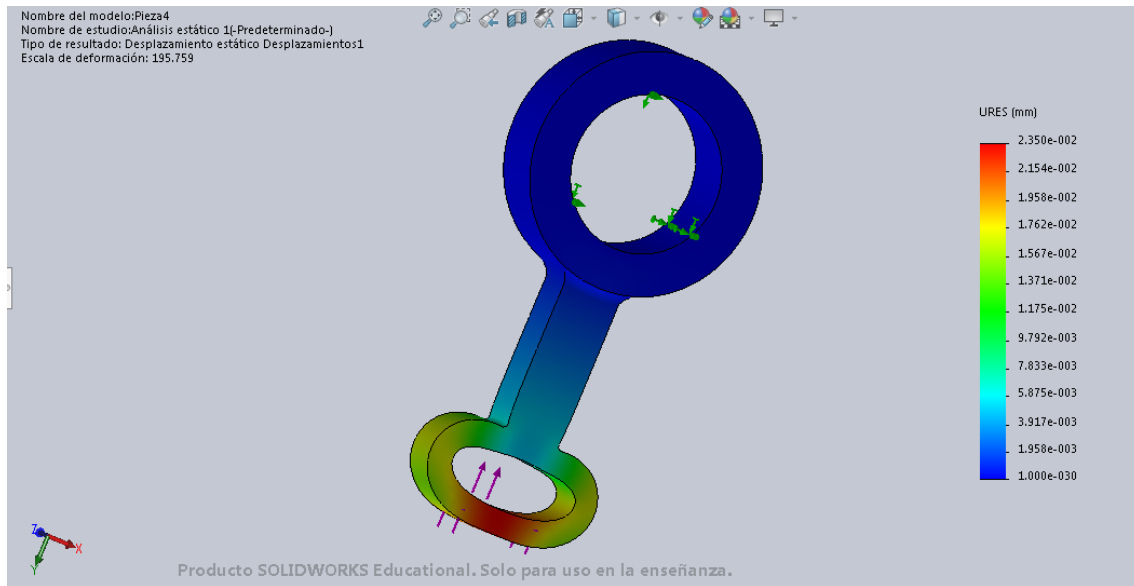


Figura 63. Resultados de desplazamientos

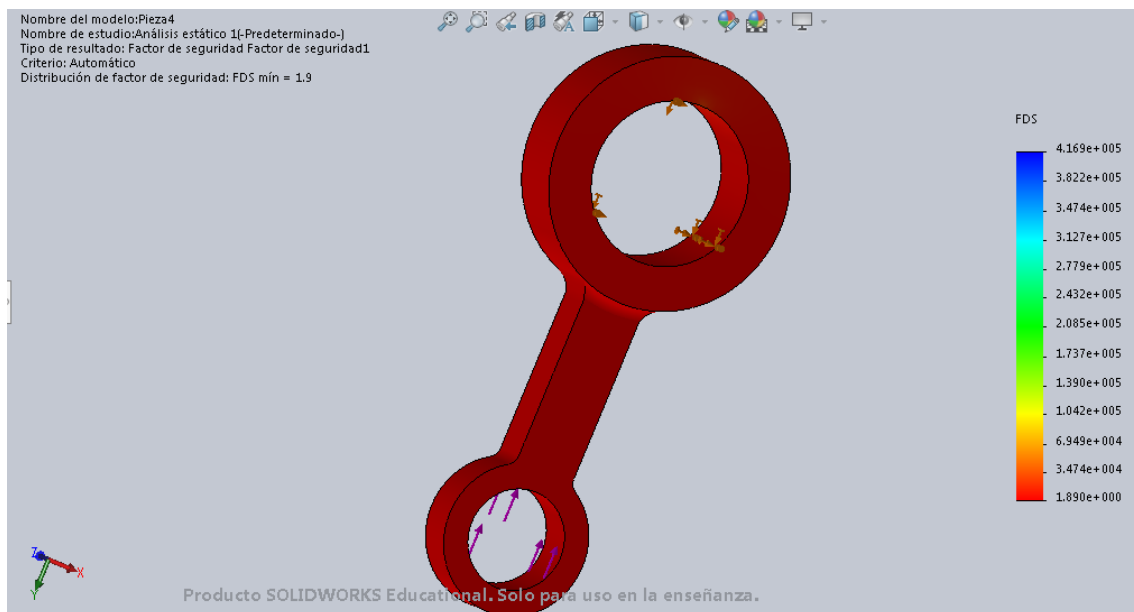


Figura 64. Factor de seguridad

La tensión máxima que se obtiene, según tensión de Von Mises, es de unos 375 MPa sabiendo que límite elástico del material es de 710 MPa, lo que asegura que la pieza soportará los esfuerzos y no se romperá.

Otro de los resultados importantes es el factor de seguridad, en este caso se consigue un factor de seguridad de casi 2.

6.1.2. Opción diseño 2 (Biela en dos piezas):

En cuanto a la segunda opción, se mantienen todas las dimensiones que se han empleado en la primera opción, solo con la diferencia de que, en este caso, la biela se hace en dos piezas que se juntan por tornillos de M2.5.

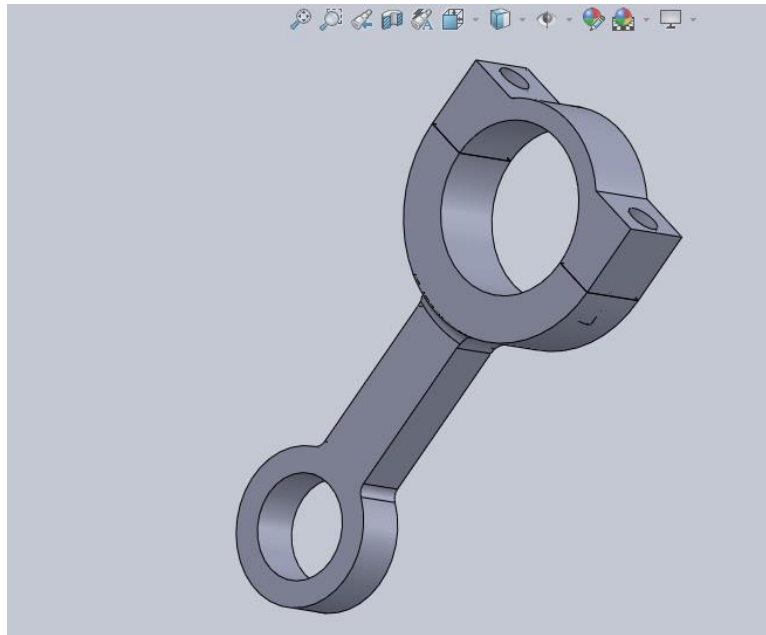


Figura 65. Aspecto biela segunda opción

- En cuanto a las restricciones y las fuerzas, se mantienen las de la opción anterior, con la diferencia de que, se añade una unión entre las dos partes mediante tornillos de la siguiente manera:

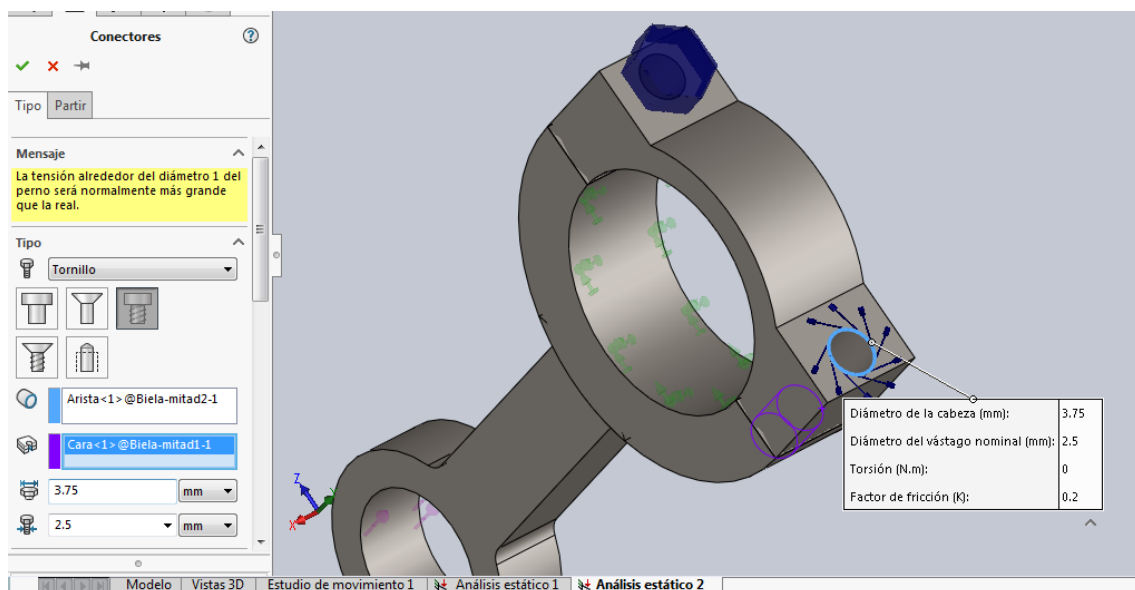


Figura 66. Aplicación de uniones mediante tornillos

- La cabeza de los tornillos se pone sobre la superficie superior, mientras que la rosca se define en la parte inferior de la biela.
- Se malla el conjunto y se obtienen los resultados siguientes.

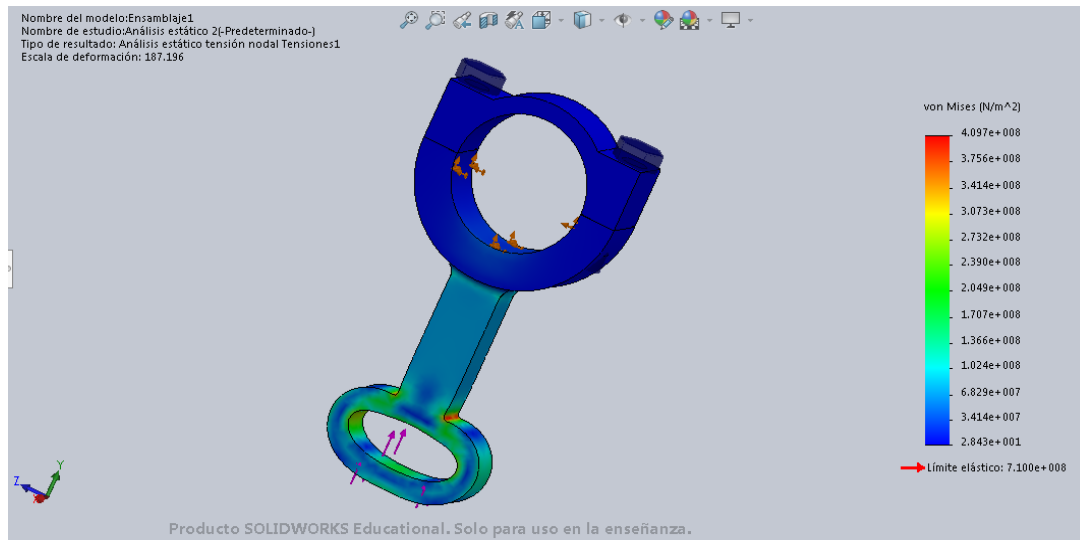


Figura 67. Resultados tensión Von Mises

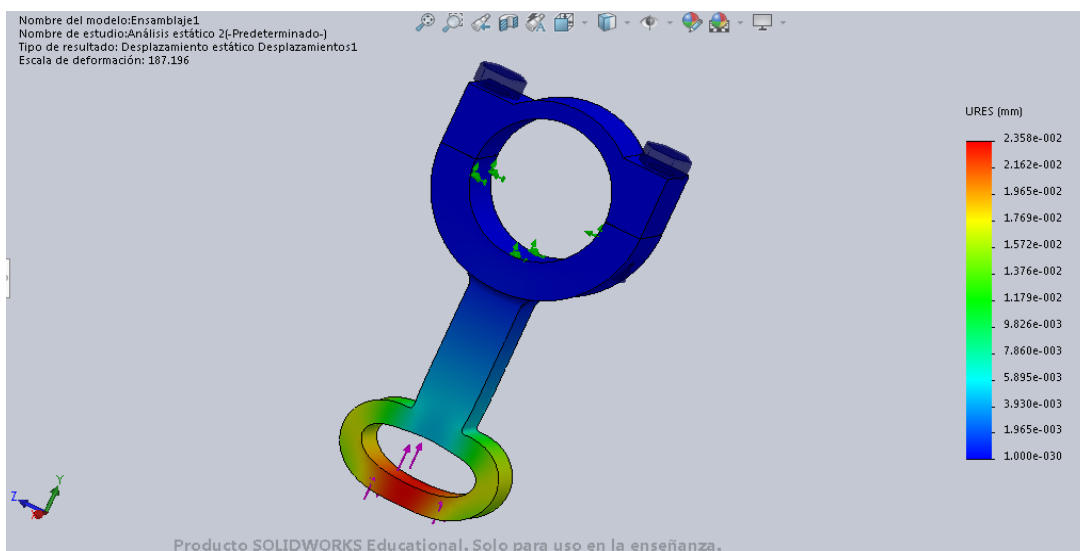


Figura 68. Resultados de los desplazamientos

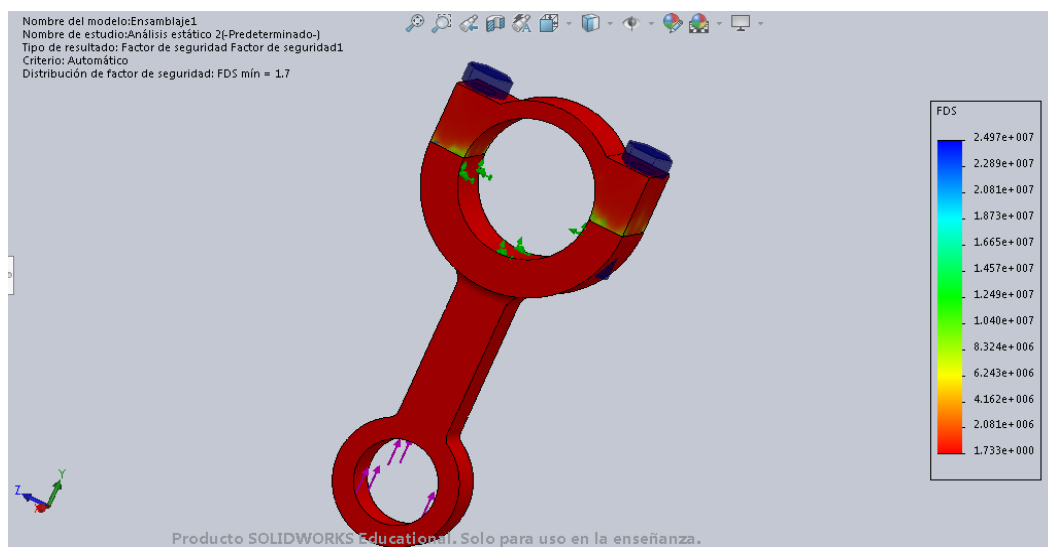


Figura 69. Factor de seguridad

Según los resultados, se observa que, también en este caso, la pieza no llegará a fallar y no se romperá, sin embargo, el factor de seguridad conseguido es menor que en el otro caso, lo que hace que, se opte por la primera opción, o sea, en que la biela se compone de una sola pieza.

6.2. Unión entre el pistón secundario y la biela:

Para asegurar la unión entre el pistón secundario y la biela, dos elementos casi definidos de manera completa, se inclina por la utilización de un pasador o bolón, que estará alojado en el mecanizado de 8mm que se ha hecho en el pistón, y que estará asegurado por los dos lados mediante los anillos de seguridad que se han definido anteriormente.

Así que, como un primer paso, se monta el pasador de $\varnothing 8\text{mm}$ y una longitud de 9mm, dentro de su alojamiento en el pistón secundario junto con sus anillos de seguridad.

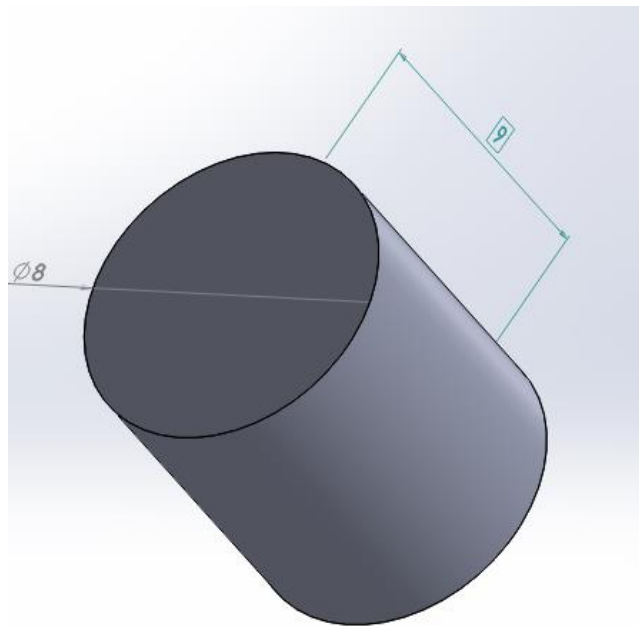


Figura 70. Pasador unión entre pistón secundario y biela

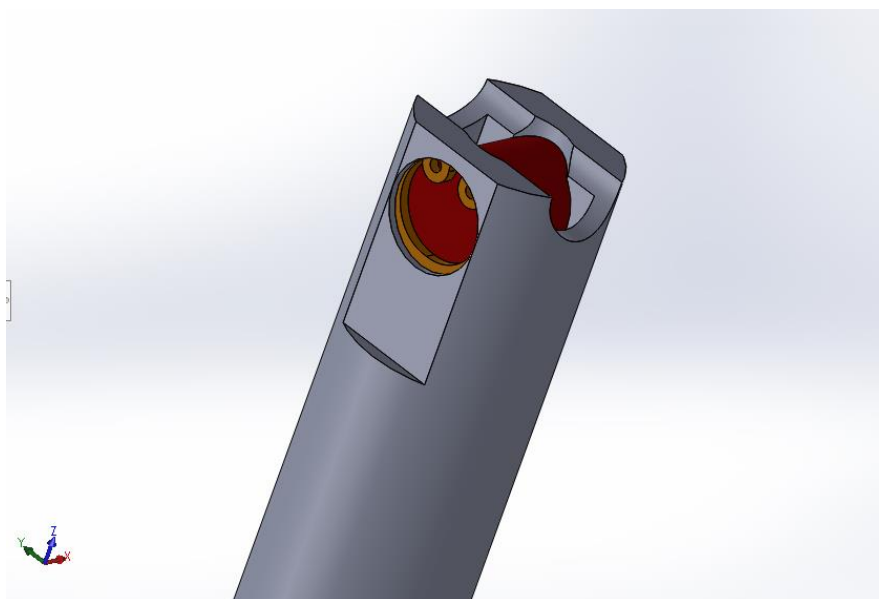


Figura 71. Detalle unión entre pistón secundario y biela

Para acabar de definir la unión del pistón secundario y la biela, es importante poner un casquillo entre el pasador y la biela, lo que nos obliga a aumentar el diámetro interior de la biela 0.5mm y pasa a ser $\varnothing 8.5\text{mm}$.

El casquillo tendrá unas dimensiones de $\varnothing 8 \times \varnothing 8,5\text{mm}$ o sea un espesor de 0,5mm y una longitud de 5mm para facilitar su montaje en el mecanizado de 6mm que se ha hecho en el pistón secundario.

Por otra banda, y para asegurar un movimiento libre y sin problemas de la biela, se ha modificado la profundidad del alojamiento de la biela en el pistón secundario.

Una vez hechas todas estas modificaciones, la unión entre estas dos partes importantes del mecanismo de accionamiento, queda como se muestra en la siguiente figura:

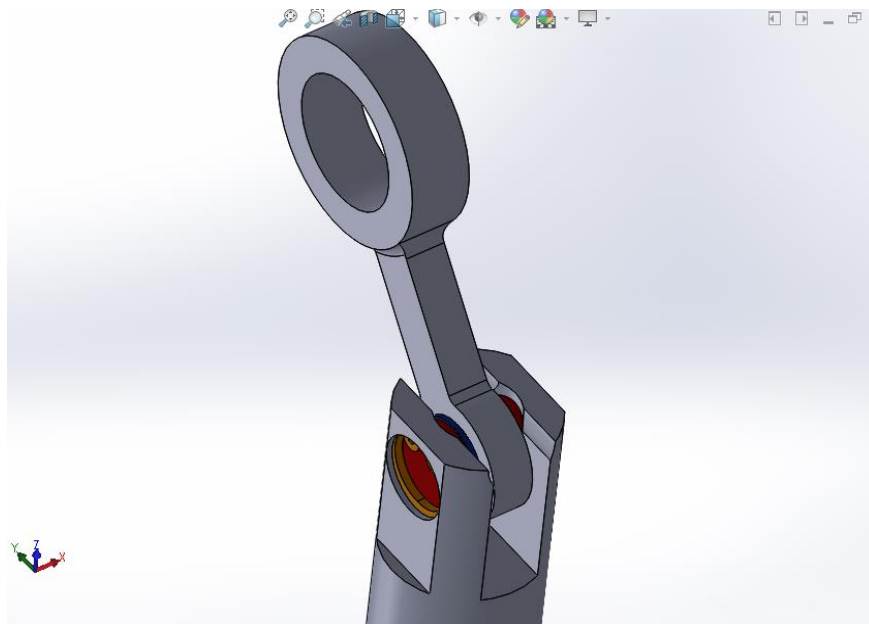


Figura 72. Unión entre pistón secundario y biela

6.3. El cigüeñal:

El cigüeñal o la manivela, es uno de los elementos más importantes del mecanismo Biela-Manivela, ya que es el componente que proporciona el movimiento al mecanismo. Además de que, el cigüeñal juega un papel fundamental en nuestro diseño de gato hidráulico, gracias a que nos permite obtener una carrera suficiente del pistón secundario.

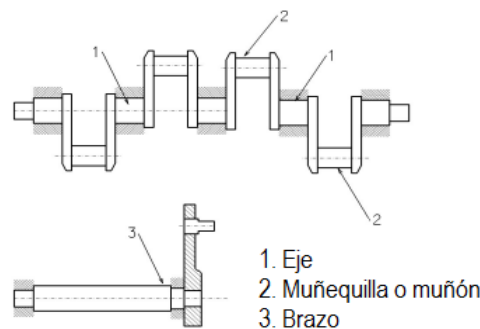


Figura 73. Partes de un cigüeñal

A la hora de diseñar esta parte del mecanismo, se ha tenido en cuenta una serie de factores:

- Como ya se sabe, se ha optado por una carrera del pistón secundario de 40mm, y para conseguirlo, sabiendo que la longitud de la manivela es la mitad de la carrera, el cigüeñal debería tener la muñequilla desplazada 20mm del centro de giro o del eje.

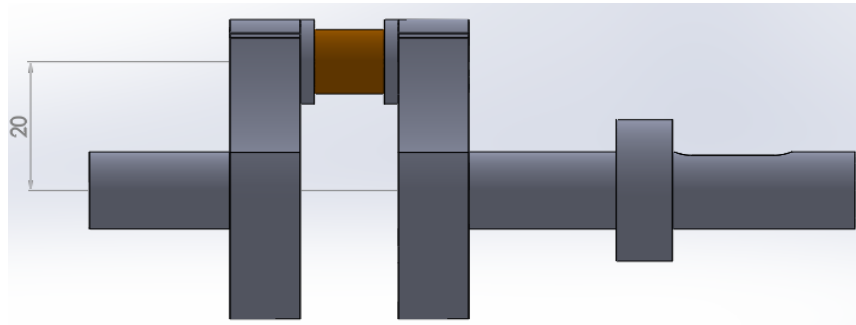


Figura 74. Aspecto del cigüeñal y la distancia de la muñequilla

- Otro factor importante es, al optar por un diseño de la biela en una sola parte, nos obliga a que el cigüeñal tenga más de una parte, dos en este caso, con el fin de facilitar el montaje de los diferentes componentes del mecanismo. Para unir las dos partes del cigüeñal, se utiliza un pasador que hace de muñequilla. Un pasador que se introduce a presión junto con la biela, ya que una vez montado, queda todo como un conjunto que solo se puede desmontar si se saca el pasador que está a presión.

El pasador, en un principio, se le da un diámetro de 10mm, ya que aún faltan otros elementos que se montarán entre él y la biela, para mejorar el movimiento y asegurar una buena unión entre los dos elementos.

- Otro detalle que se le ha dado al cigüeñal, es la mecanización de los contrapesos que ayudarán a que, al ponerse en marcha todo el mecanismo, el cigüeñal pueda girar de forma suave y reduzca vibraciones no deseadas.
- Finalmente, se mecaniza un apoyo, que servirá, más adelante, para hacer de tope de componentes que irán montados sobre el eje del cigüeñal, como pueden ser, piñones, rodamientos, etc....

Haciendo y teniendo en cuenta todos estos factores se prediseña un cigüeñal con un eje de diámetro $\varnothing 12$ como se muestra en la siguiente figura:

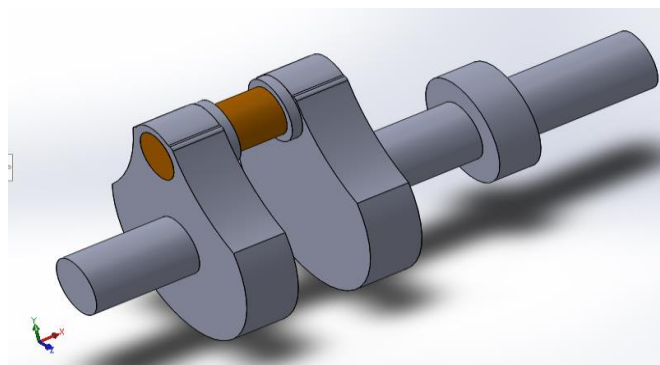


Figura 75. Aspecto del cigüeñal

Cabe recordar que, tanto la longitud como otros mecanizados, se llevarán a cabo más adelante, lo que hace que la forma y las dimensiones puedan modificarse.

6.4. Unión entre el cigüeñal y la biela:

Para realizar la unión entre el cigüeñal y la biela, hace falta poner un rodamiento o casquillo entre los dos elementos. En nuestro caso, se ha optado por un rodamiento de agujas, ya que se necesita un rodamiento amplio, lo que hace que este tipo sea la mejor opción, teniendo en cuenta, las pequeñas dimensiones del mecanismo.

Para determinar las dimensiones del rodamiento, se basa en las medidas ya dadas del pasador del cigüeñal, la separación entre las dos partes de este último y las dimensiones del agujero de la biela. Se hace una búsqueda de un rodamiento comercial de la marca SKF, y se encuentra uno con las características que se quería para adaptarlo a los diferentes componentes.



Figura 76. Dimensiones del rodamiento de agujas

Por otra banda, es muy importante que el rodamiento elegido, pueda aguantar las cargas que se producen en las uniones. Como ya se ha hecho antes, se ha determinado la carga estática que se produce en la unión entre el cigüeñal y la biela, y es de 1460N.

En las características técnicas que proporciona el fabricante se puede observar que el rodamiento tiene una capacidad de carga dinámica de 4570N y una capacidad de carga estática de 5700N, lo que asegura que en un principio el rodamiento cumple y podrá soportar las cargas originadas en la unión.

Datos del cálculo			
Capacidad de carga dinámica básica	C	4.57	kN
Capacidad de carga estática básica	C_0	5.7	kN
Carga límite de fatiga	P_u	0.63	kN
Velocidad de referencia		28000	r/min
Velocidad límite		32000	r/min
Masa			
Corona de agujas de masa:		0.0016	kg

Figura 77. Datos técnicos del rodamiento de agujas

Una vez hecha la unión y el montaje de las partes principales del mecanismo de accionamiento y sus sistemas auxiliares, como son los pasadores y cojinetes, el ensamblaje queda definido, a falta de determinar la longitud del pistón secundario. El mecanismo queda como se muestra en la figura siguiente:

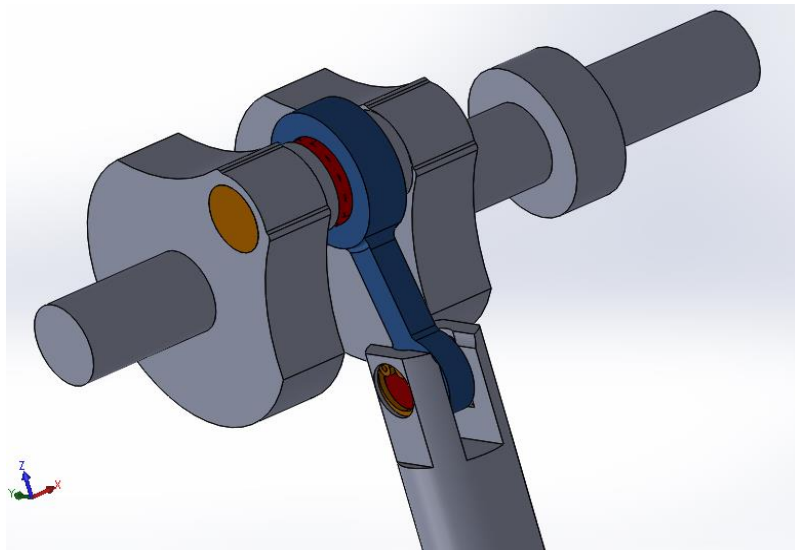
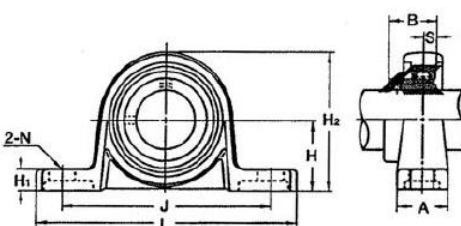


Figura 78. Ensamblaje del mecanismo de accionamiento

6.5. Sistema de fijación del mecanismo de accionamiento:

Una vez definido el mecanismo de accionamiento, se procede a la fijación de este último sobre la base. Para llevar a cabo esta operación, se opta por unas cajas de tipo KP, son conjuntos que llevan ya incorporados cojinetes, además de sus soportes para collarlos a cualquier tipo de estructura, lo que facilita su montaje y simplifica, de manera considerable, todo el conjunto del mecanismo. También disponen de unos tornillos prisioneros, con el fin de presionar el eje donde van montados, y evitar así movimientos axiales no deseados.

A la figura siguiente, se muestra la variedad que ofrece el fabricante de este tipo de cajas. En nuestro caso, y al tener un eje del cigüeñal de 12mm, se elige la KP001:



KP000 PILLOW BLOCK SERIES

BEARING UNIT No.	Shaft Size	Dimensions (mm)										Bolt Used
	d	H	L	J	A	N	H1	H2	B	S		
	(mm)											
KP000	10	18	67	53	16	7	6	35	14	4	M6	
KP001	12	19	71	56	16	7	6	38	14.5	4	M6	
KP002	15	22	80	63	16	7	7	43	16.5	4.5	M6	
KP003	17	24	85	67	18	7	7	47	17.5	5	M6	
KP004	20	28	100	80	20	10	9	55	21	6	M8	
KP005	25	32	112	90	20	10	10	62	22.5	6	M8	
KP006	30	36	132	106	26	13	11	70	24.5	6.5	M10	

Figura 79. Elección de la caja KP001

Para atornillar estas cajas a la base, y según la tabla de dimensiones, se utilizarán tornillos de M6. Se ha hecho una búsqueda para poder elegir los tornillos que se van a poner, y finalmente se eligen unos tornillos DIN 6921 M6x20, tornillos que ya llevan incorporada su correspondiente arandela, lo que hace que se simplifique el conjunto y se utilice el mínimo de elementos posibles.

6.6. Actualización del diseño de la base:

Hasta ahora, la base la teníamos diseñada de manera que no se ha tenido en cuenta el mecanismo de accionamiento, una vez definido este último, se procede a adaptar la base a las nuevas piezas para poder colocar y fijar el mecanismo Biela-Manivela.

En un principio se ha optado por diseñar un soporte a parte y fijarlo a la base mediante soldadura o tornillos, como se muestra en la siguiente figura:

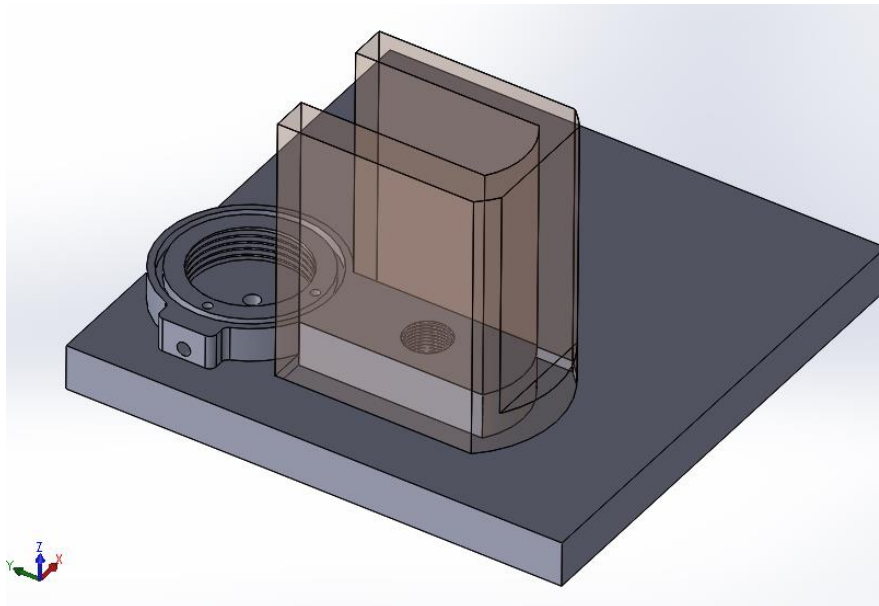


Figura 80. Actualización de la base

Después de pensarlo bien, y como suelen ser este tipo de piezas, se hacen con fundición, lo que complicará la unión entre las dos piezas mediante soldadura y también la mecanización adicional para poder poner tornillos. Todos estos motivos hacen que se replantee el diseño de la base, de manera que se fabrique en una sola pieza ahorrando, de esta manera, una serie importantes de costes.

El nuevo diseño de la base consiste en mantener lo que teníamos hasta ahora, y añadir la parte que servirá de soporte para las cajas y, por lo tanto, todo el mecanismo de accionamiento.

Las dimensiones de la nueva parte se resumen en un contorno con un grueso de 16mm y una altura 135mm, esta última medida, puede ser modificada si hace falta más adelante.

Otro detalle importante, es la mecanización de cuatro agujeros roscados de métrico M6, para la fijación de las cajas. Una operación que hay que tener mucho cuidado a la hora de realizar, ya que, estos agujeros tienen que estar precisamente centrados con el alojamiento de la camisa del pistón secundario. La distancia entre los agujeros se encuentra en las dimensiones que proporciona el fabricante, en nuestro caso, la distancia entre los centros es de 56mm.

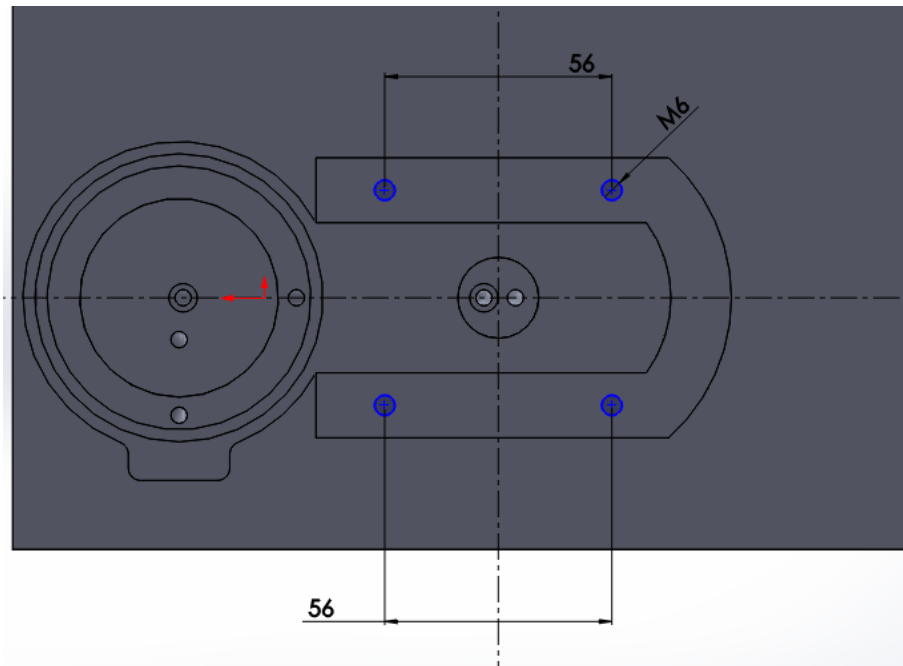


Figura 81. Mecanización de las roscas de la base

Una vez efectuados los cambios, la base queda como muestra la figura siguiente:

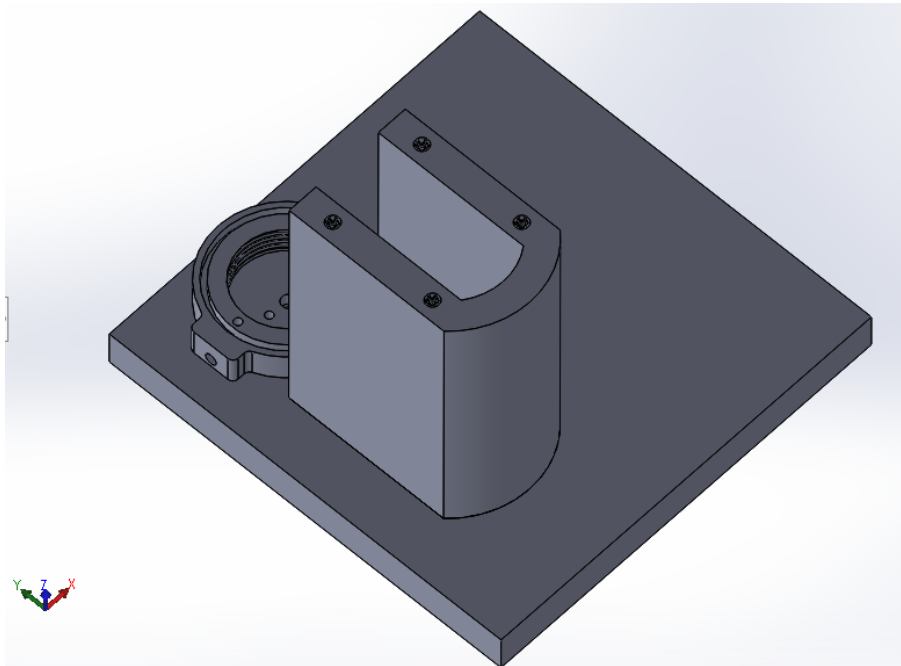


Figura 82. Aspecto actualizado de la base

6.7. El montaje del mecanismo de accionamiento sobre la base:

Con el mecanismo de accionamiento totalmente definido, a falta de la longitud del pistón secundario, y una vez modificada la base, con el objetivo de adaptarla para el montaje del mecanismo Biela-Manivela sobre ella, se procede al ensamblaje de todo el conjunto.

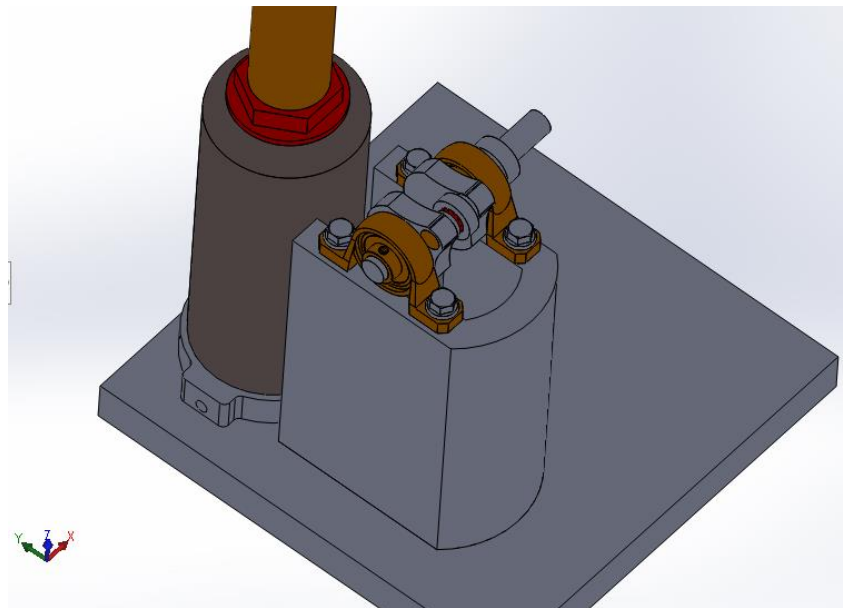


Figura 83. Ensamblaje del mecanismo de accionamiento con la base

Para acabar de definir la longitud del pistón secundario, se hace una sección del ensamblaje para ver hasta qué profundidad llega cuando está en su punto muerto inferior (PMI). Una vez hecho esto, se alarga el pistón de manera que quede a una separación de 10mm de tocar la base.

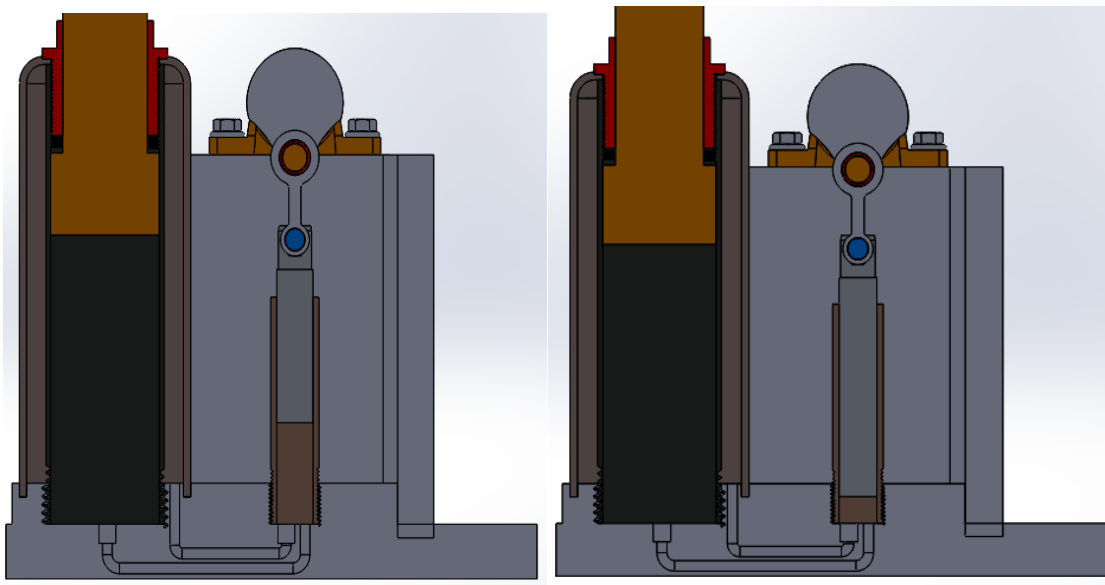


Figura 84. Definición longitud del pistón secundario

6.8. Accionamiento del mecanismo Biela-Manivela:

Para poder accionar el mecanismo de Biela-Manivela, se estudiarán dos opciones:

- Accionamiento manual mediante una manivela.
- Accionamiento eléctrico mediante un motor de corriente continua.

6.8.1. Accionamiento mediante manivela:

Según los cálculos hechos en apartados anteriores, se necesita un momento mínimo de 26Nm aproximadamente para poder accionar el mecanismo de Biela-Manivela. Como primera opción, se estudia la posibilidad de utilizar una manivela y accionarla manualmente.

26Nm es un momento significativo, por ello, se tiene que aprovechar lo máximo la longitud de la manivela, con el fin de aplicar la mínima fuerza posible a la hora de accionar el mecanismo.

Antes de proceder al diseño de la manivela en sí, se diseña un mecanismo de acoplamiento que servirá para unir la manivela con el cigüeñal. Para llevar a cabo esta operación, se opta por poner una chaveta, ya que más adelante será útil a la hora de querer utilizar un motor en vez de una manivela manual.

Para la mecanización y la elección de la chaveta sobre el eje del cigüeñal, se busca en catálogos de chavetas normalizadas, ya que nos facilitarán toda la información que se necesita. En este caso, se elige las chavetas según la normativa **UNI 6604-49 DIN 6885** y se opta por las de la forma A.

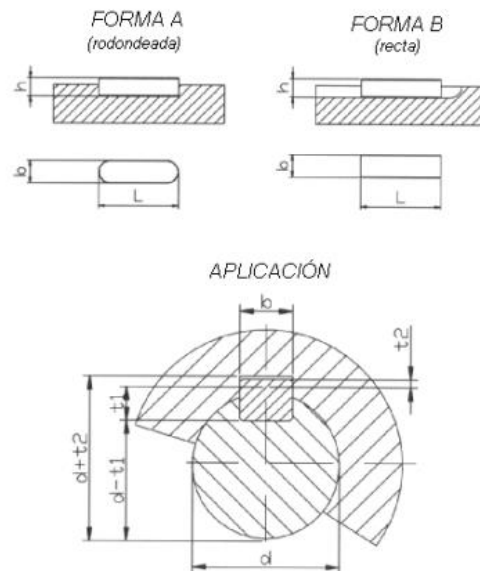


Figura 85. Elección forma de la chaveta

Campo de aplicación		Chaveta		Chavetero											
		Sección		Largo							Profundidad				
Diámetro eje d	Dimen normal b x h	Toleran sobre		Dim. nom. b	Tolerancia sobre b						Eje t1		Cubo t2		
		b ⁹⁹	h*		Por eje			Por cubo			Nom	Tol.	Nom	Tol.	
					H9	N9	P9	D10	Js9	P9					
De 6	8	2x2	0	0	2	+0,025 0	-0,004 0	-0,006 -0,031	+0,060 +0,020	±0,012	-0,006 -0,031	1,2		1	
Más de 8	10	3x3										-0,025		-0,025	
Más de 10	12	4x4			4							2,5	+0,1 0	1,8	+0,1 0
Más de 12	17	5x5	0 -0,030	0 -0,030	5	+0,030 0	0 -0,030	-0,012 -0,042	+0,078 +0,030	±0,015	-0,012 -0,042	3		2,3	
Más de 17	22	6x6			6							3,5		3,5	
Más de 22	30	8x7	0		8	+0,036 0	0 -0,036	-0,015 -0,051	+0,098 +0,040	±0,018	-0,015 -0,051	5		3,3	
Más de 30	38	10x8	-0,036		10							5		3,3	
Más de 38	44	12x8	0 -0,090		12							5		3,3	
Más de 44	50	14x9			14									5,5	
Más de 50	58	16x10	0 -0,043		16	+0,043 0	0 -0,043	-0,018 -0,061	+0,120 +0,050	±0,021	-0,018 -0,061	6		4,3	

Figura 86. Elección de la chaveta

En nuestro caso, se dispone de un eje de diámetro $\varnothing 12\text{mm}$ y por ello ya se obtienen todas las medidas y tolerancias para mecanizar los chaveteros, tanto sobre el eje como sobre la pieza de acoplamiento que se diseñará a continuación.

Una vez mecanizado el chavetero sobre el eje, queda como muestra la siguiente figura:

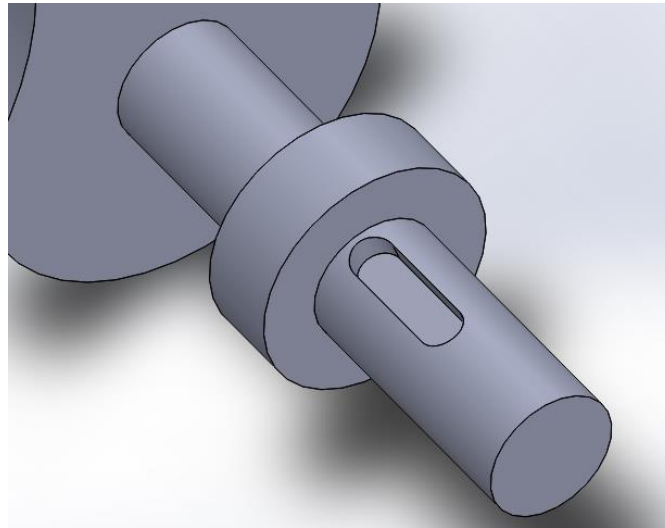


Figura 87. Mecanización del chavetero sobre el cigüeñal

A continuación, se diseña una pieza de acoplamiento para unir el cigüeñal y la manivela mediante una chaveta. Esta pieza tendrá un diámetro interior de 12mm y un diámetro exterior de 20mm en un principio. También contará con unos dientes para el acoplamiento con la manivela. Además, se mecaniza también el alojamiento de la chaveta de acuerdo con las medidas anteriores.

Un primer aspecto de la pieza de acoplamiento diseñada será como el que se muestra a continuación:

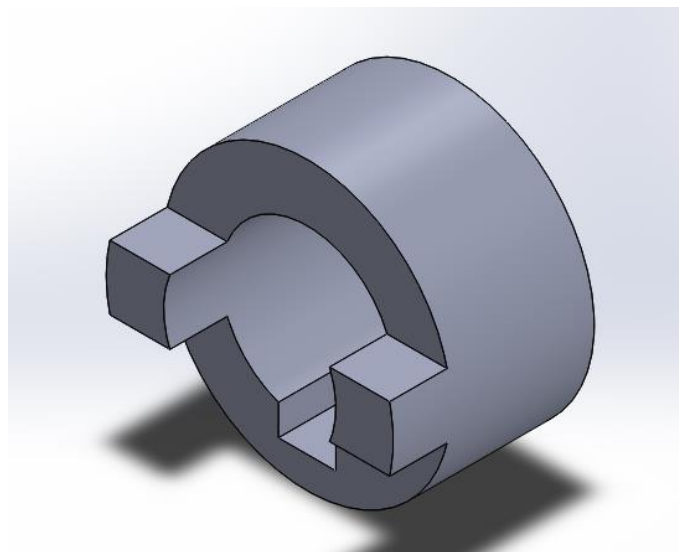


Figura 88. Adaptador de la manivela

El siguiente paso, es el montaje de la pieza de acoplamiento sobre el cigüeñal y poner la chaveta correspondiente.

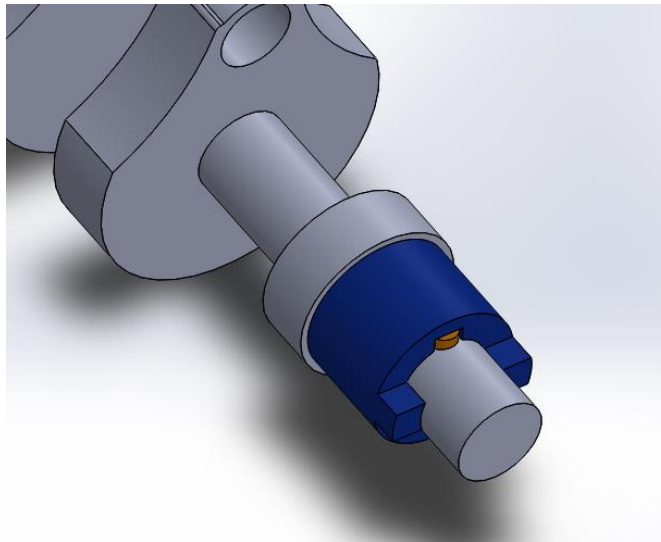


Figura 89. Montaje adaptador de la manivela

Una vez definido el mecanismo de acoplamiento, se procede a diseñar la manivela. Como ya se ha mencionado anteriormente, lo más importante es que se pueda aprovechar lo máximo la longitud, para así aplicar menos fuerza con el objetivo de proporcionar los 26Nm de momento que se necesita para levantar la carga.

Midiendo la altura del gato hidráulico que tenemos hasta ahora, se dispone de una altura de 154mm, pero para asegurar un accionamiento más cómodo teniendo en cuenta que la manivela estará cogida por la mano, se restan unos 14mm, y por lo tanto la longitud de nuestra manivela, queda en 140mm.

Otro de los detalles, es la mecanización de la parte donde va encajada con los dientes de la pieza de acoplamiento.



Figura 90. Manivela

El ensamblaje de todo el mecanismo de acoplamiento queda como se muestra en la figura siguiente:

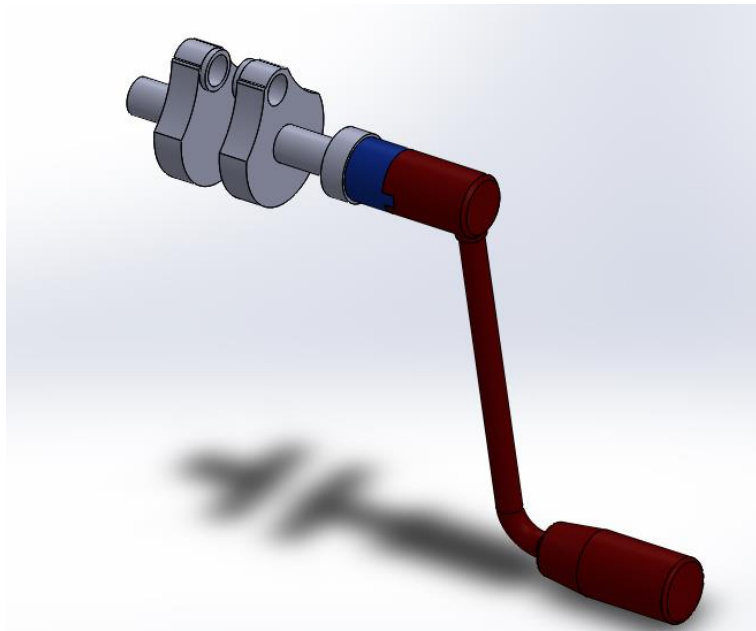


Figura 91. Ensamblaje de la manivela sobre el cigüeñal

Definida la longitud de la manivela, se puede calcular la fuerza que se tiene que aplicar en el extremo de la manivela con el fin de generar los 26Nm necesarios.

$$M = F \cdot d \quad ==> \quad F = \frac{M}{d} = \frac{26 \text{ N.m}}{0.14 \text{ m}} = 185,71 \text{ N}$$

La fuerza mínima que se tiene que aplicar en el extremo de la manivela para accionar todo el mecanismo, y así levantar la carga, es de **185N** aproximadamente.

6.8.2. Accionamiento mediante un motor eléctrico 12V:

En cuanto a la opción de utilizar un motor eléctrico de corriente continua, nos hemos enfrentado a un serio problema a la hora de buscar un motor que pueda proporcionar los 26Nm que se necesitan, ya que al ser un motor de 12V, cuesta encontrar motores que proporcionan un par tan elevado en este tipo de motores de corriente continua.

Se opta por este tipo de motores, al ser que todos los coches turismos, al que va diseñado nuestro gato hidráulico, todos disponen de una batería de 12V y proporcionan una corriente continua.

Después de una larga búsqueda, se ha encontrado un motor de marca Doga que proporciona un par de 20Nm, al que se tendrá que hacer una reducción mediante piñones para poder llegar a los 26Nm en el eje del cigüeñal.

259

A

B

soon available IP66

REFERÈNCIA NUMBER REFERENZNUMMERN	TENSION NOMINAL NOMINAL VOLTAGE NOMINALE HINSPANNUNG	PAR NOMINAL NOMINAL TORQUE NOMINAL MOMENT	VELOCIDAD NOMINAL NOMINAL SPEED NOMINALE DREHMINUTEN	CORRIENTE NOMINAL NOMINAL CURRENT NOMINAL STROM	PAR DE ARRANQUE STARTING TORQUE ANFANGSMOMENT	CORRIENTE DE ARRANQUE STARTING CURRENT ANFANGSSTROM	EE	CONEXIONES CONNECTIONS ANSCHLÜSSE	ESQUEMA ELÉCTRICO WIRING DIAGRAM SCHWEMMUNG	RELACION DE REDUCCION REDUCTION RATIO REDUKTIONSKOEFFIZIENT	PESO APROXIMADO APPROXIMATE WEIGHT GROBGEWICHT	GRADO DE ESTANQUEIDAD WATERPROOFNESS DICHTHEIT	MATERIAL RUEDA WHEEL MATERIAL RADDATEN	DISEÑO A.B.C DESIGN A.B.C ABSTUFUNG A.B.C	CURVA CURVE KURVE
	Un (V)	Mn (N.m./lbf.in)	n (r.p.m.)	In (A)	Ma (N.m./lbf.in)	Ia (A)				i	P (kg/lb.t)	IP			
259.3710.20.00	12	20 / 177	22	12	130 / 1150	60	E37	C34	EE2	50:1	5.90 / 15.80	IP53	PLA	A	20
259.3710.30.00	24	20 / 177	22	6	130 / 1150	30	E37	C34	EE2	50:1	5.90 / 15.80	IP53	PLA	A	20
259.9001.20.00	12	15 / 132.7	40	18	120 / 1062	98	E37	C34	F2	50:1	5.90 / 15.80	IP53	PLA	A	21
259.9001.30.00	24	15 / 132.7	40	9	120 / 1062	49	E37	C34	F2	50:1	5.90 / 15.80	IP53	PLA	A	21
259.9008.30.00	24	25 / 221	25	7	135 / 1195	30	E37/E51	C34	EE2	50:1	5.90 / 15.80	IP40	PLA	B	22
259.9016.30.00	24	20 / 177	22	6	130 / 1150	30	E37	C34	EE2	50:1	5.90 / 15.80	IP53	CEL	A	20

Figura 92. Elección motor eléctrico de 12V

Primero de todo, y aprovechando las dimensiones del motor que proporciona el fabricante en sus catálogos, se modela el motor elegido para poder montarlo y acoplarlo con nuestro gato hidráulico. A la hora de modelar el motor, se ha tenido en cuenta, básicamente, las medidas exactas del eje, los taladros de fijación y las medidas generales que determinan la longitud y la dimensión del motor.

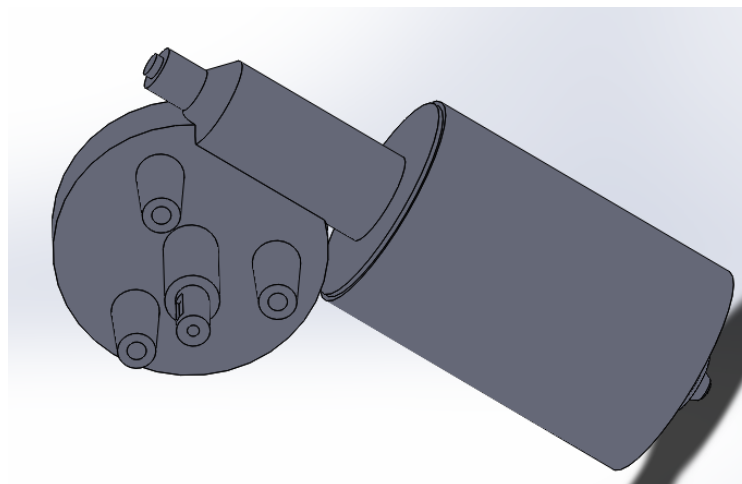


Figura 93. Aspecto motor eléctrico

Como el motor solo proporciona 20Nm de par nominal, para llegar a los 26Nm y después de hacer una iteración, se tiene que hacer una reducción de 0.75 mediante los piñones que se van a diseñar a continuación.

Para determinar el diámetro de los piñones que se van a utilizar, se opta por poner el motor de manera que se apoye sobre la base, ya que pesa bastante y así, se evitarán problemas de soporte del motor. Una vez colocado el motor, se mide la distancia entre el eje de este último y la del eje del cigüeñal.

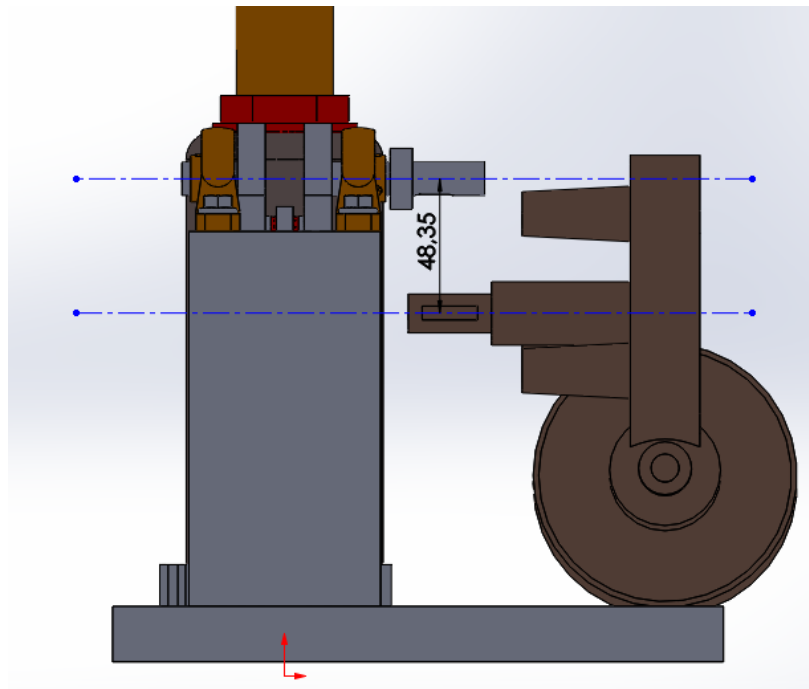


Figura 94. Medición distancia entre los ejes

La distancia es de aproximadamente 48mm, no se toma con precisión, ya que más adelante, se diseñará un soporte para el motor y se procurará que se pueda ajustar de manera más exacta el acoplamiento de los piñones.

Sabiendo la distancia entre los dos ejes y la relación de transmisión, ya se puede calcular los diámetros de los dos piñones.

$$R1 \text{ (radio piñon motor)} + R2 \text{ (radio piñon cigüeñal)} = 48 \text{ mm}$$

$$\text{Relacion de transmición} = 0,75 = \frac{R1}{R2}$$

A partir de estas dos ecuaciones, y teniendo dos incógnitas, se resuelve el sistema y se obtienen los resultados siguientes:

$$R1 = 0,75 \cdot \frac{48}{1,75} = 20,57 \text{ mm}$$

$$R2 = \frac{48}{1,75} = 27,43 \text{ mm}$$

Para facilitar la fabricación de los piñones, se redondean los radios que se han calculado, de manera que, el piñón del motor tendrá un radio de 20mm, mientras que el radio del cigüeñal tendrá 27mm.

Para asegurar que este redondeo, no afectará la reducción que se ha hecho, se vuelve a hacer una última iteración, tanto para calcular la relación de transmisión, como para calcular el par.

La iteración se hará en los pasos siguientes:

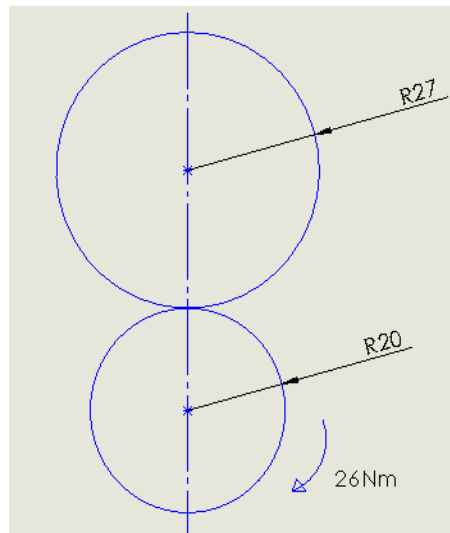


Figura 95. Medidas de los piñones

- Se hace el diagrama de sólido libre de los dos piñones. En el piñón del motor se calcula la fuerza, gracias a que, ya se sabe el par (20Nm)

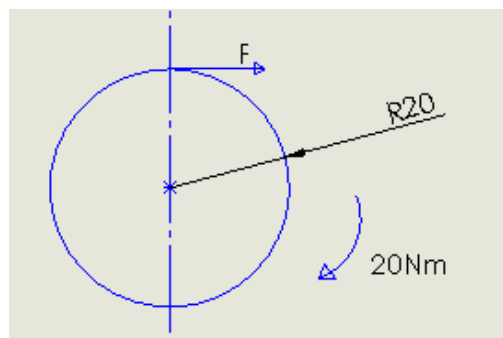


Figura 96. Diagrama sólido libre del piñón del motor

$$20 \text{ Nm} = F \cdot 0,02 \text{ m} \implies F = \frac{20}{0,02} = 1000 \text{ N}$$

- A continuación, y como la fuerza es la misma para los dos piñones, se calcula el momento generado en el eje del cigüeñal.

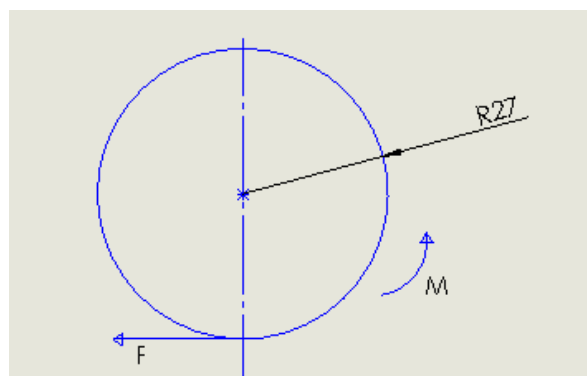


Figura 97. Diagrama sólido libre del piñón del cigüeñal

$$M = F \cdot 0,027 = 1000 \cdot 0,027 = 27 \text{ Nm}$$

Con los cálculos, se obtiene que el par generado en cigüeñal es de 27 Nm, y con eso nos aseguramos de que los radios de los piñones y la reducción hecha, no se ha afectado por el redondeo utilizado. Por lo tanto, los diámetros de los dos piños serán de 40mm y 54mm.

Cabe aclarar que, cuando se habla de diámetro de piñones, se refiere a diámetros primitivos.

6.9. Montaje piñón y sus sistemas auxiliares sobre el eje del motor:

6.9.1. Diseño piñón del motor:

Para diseñar el piñón del motor, solo se dispone de dos datos, los diámetros primitivo e interior. El primitivo ya se sabe que serán 40mm después de hacer los diferentes cálculos, mientras que el interior, y sabiendo que el eje del motor hace 14mm, por lo tanto, el piñón también debe hacer 14mm.

Por otro lado, el ancho del piñón, en un principio se le da un valor de 15mm.

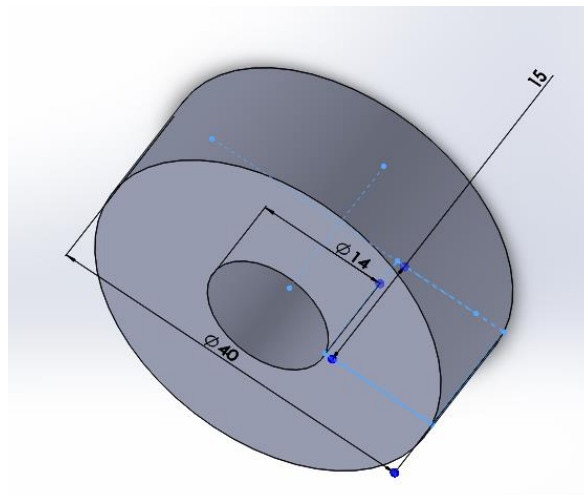


Figura 98. Dimensiones del piñón motor

A continuación, y sabiendo que el eje del motor lleva un chavetero de 5x5x20, se hace el mismo chavetero en el piñón del motor después de consultar las dimensiones que ofrece el fabricante de las chavetas. En este caso se utilizará una chaveta cuadrada.

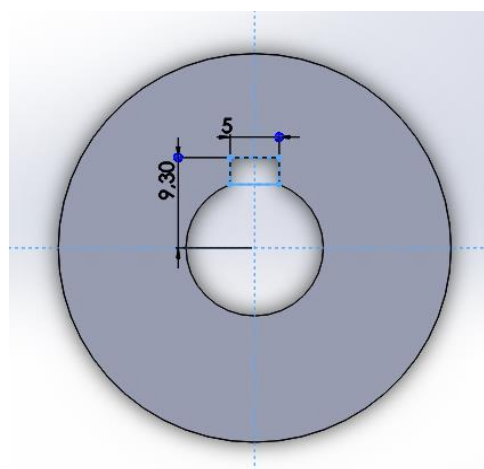


Figura 99. Detalles del chavetero del piñón motor

Como módulo para los dos piñones, se opta por $m=2$, ya que es uno de los módulos normalizados, y que, al ser número entero, el número de dientes será entero y el diámetro primitivo no se verá alterado. Por lo tanto, y aplicando la fórmula $z=d/m$ se puede calcular el número de dientes que tendrá nuestro piñón, en este caso tendrá 20 dientes.

Los dientes serán rectos y el aspecto final del piñón será como se muestra en la siguiente figura:



Figura 100. Aspecto final del piñón motor

6.9.2. Cojinete con valona:

Al montar el piñón sobre el eje del motor, queda bastante separación, o sea, que el piñón no tiene un tope. Para solucionar este problema, se opta por el diseño de un cojinete con valona que hará de tope para el cojinete y así mantendrá la distancia que se pretendía.

El cojinete con valona tendrá las dimensiones, de manera que se adapte al eje del motor, o sea un diámetro interior de 14mm y un corte de 6mm para el encaje con la chaveta.

Se ha encontrado diferentes modelos comerciales como el tipo B y se le ha hecho un corte para la chaveta.

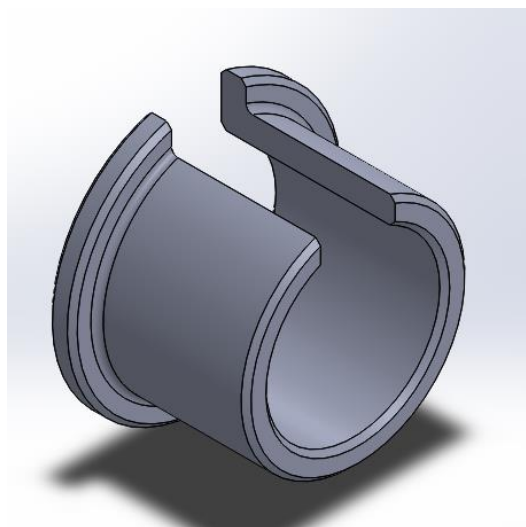


Figura 101. Aspecto del cojinete con valona

6.9.3 Tornillo y arandela:

Finalmente, y para evitar que el piñón se salga por el otro lado del eje, y como el eje del motor ya viene con una rosca M5, se pone un tornillo DIN 6921 de M5 con una arandela ancha de manera que llegue a hacer de tope para el piñón del motor.

Una vez hechos todos estos pasos, el montaje del piñón del motor sobre el eje de este último, queda como muestra la siguiente figura:

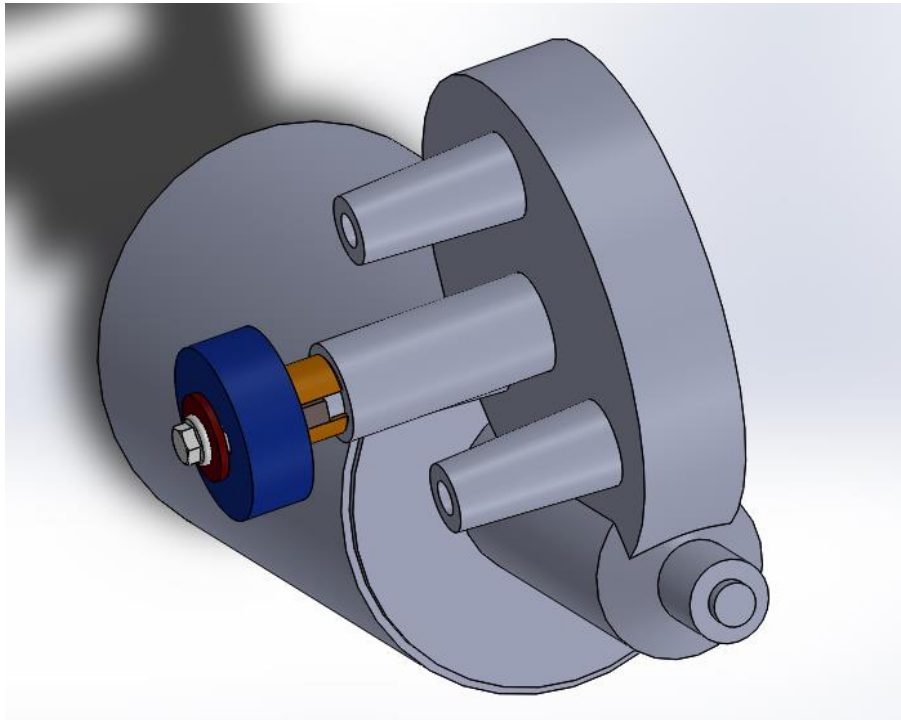


Figura 102. Ensamblaje del piñón motor con sus sistemas auxiliares

6.10. Montaje piñón y sus sistemas auxiliares sobre el cigüeñal:

6.10.1. Diseño piñón del cigüeñal:

En cuanto al piñón del cigüeñal, se saben los diámetros, tanto el primitivo como el interior, $\varnothing 54\text{mm}$ y $\varnothing 12\text{mm}$ respectivamente. Y por otro lado se hace un chavetero conforme con la chaveta que se montó en la versión no motorizada, y que se eligió del catálogo en apartados anteriores.

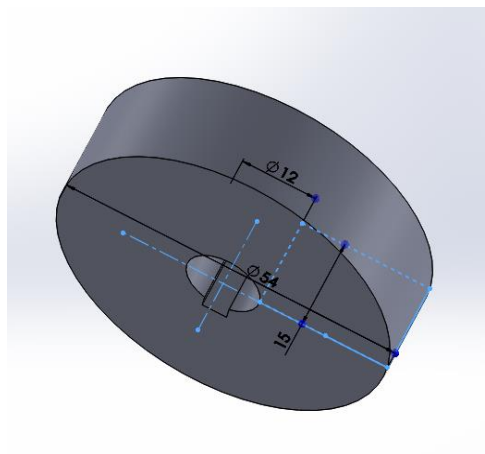


Figura 103. Dimensiones del piñón del cigüeñal

El ancho del piñón se toma como en el anterior, 15mm. El módulo, como ya se ha decidido antes, será de 2 con dientes rectos. El número de dientes en este caso será de 27 dientes.

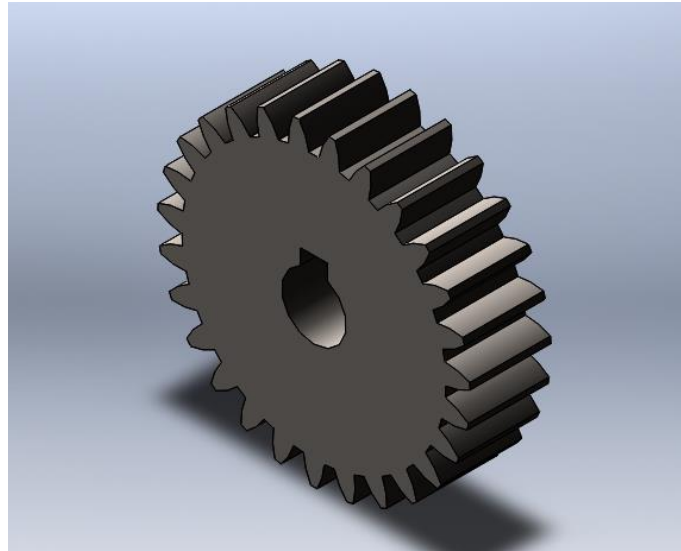


Figura 104. Aspecto final del piñón del cigüeñal

6.10.2. Tuerca contra tuerca:

Para evitar que el piñón del cigüeñal se salga, se opta por poner dos tuercas de tipo Din 981 KM-1 para eje de diámetro $\varnothing 12$, ya que son tuercas que se utilizan bastante en estos casos en ejes.

73

BGL
BERTOLOTO & GROTTA

TUERCA DE FIJACIÓN
KM, KML, HM, HML, HMT
Tuercas con rosca en mm

Código	G*	Dm (mm)	B (mm)	D (mm)	m (mm)	n (mm)
KM 0	M 10X0,75	18	4	13,5	3	2
KM 1	M 12X1	22	4	17	3	2
KM 2	M 15X1	25	5	21	4	2
KM 3	M 17X1	28	5	24	4	2
KM 4	M 20X1	32	6	26	4	2
KM 5	M 25X1,5	38	7	32	5	2
KM 6	M 30X1,5	45	7	38	5	2
KM 7	M 35X1,5	52	8	44	5	2
KM 8	M 40X1,5	58	9	50	6	2,5
KM 9	M 45X1,5	65	10	56	6	2,5

Figura 105. Elección de las tuercas KM

Para poder montar las tuercas KM, se tiene que mecanizar una rosca de métrico M12x1 como se indica en el catálogo.

Una vez montados los dos piñones sobre sus correspondientes ejes y fijarlos, quedan como muestra la figura siguiente:

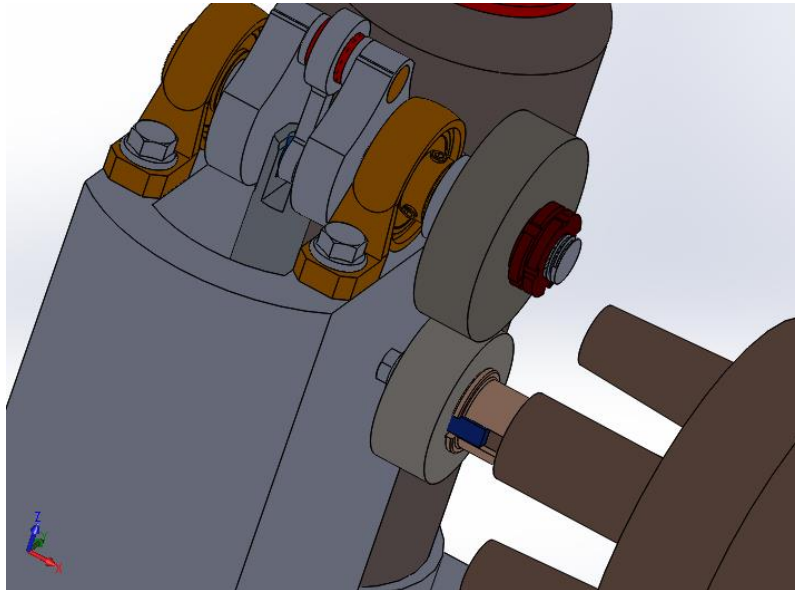


Figura 106. Ensamblaje de los dos piñones

6.11. Soporte motor:

Como ya se ha comentado antes, el motor estará apoyado sobre la base, con tal de disminuir lo complejidad del soporte que se utilizará y también en los componentes utilizados. Con el motor apoyado, se opta por utilizar un soporte de chapa, ya que así se puede reducir el peso total de todo el conjunto.

La chapa utilizada, será de un grueso de 3mm. Que tendrá una forma de 'L'.

En una cara, se adaptará de manera que pueda pasar el eje del motor, y tendrá 3 agujeros con el fin de collar el motor mediante tornillos.

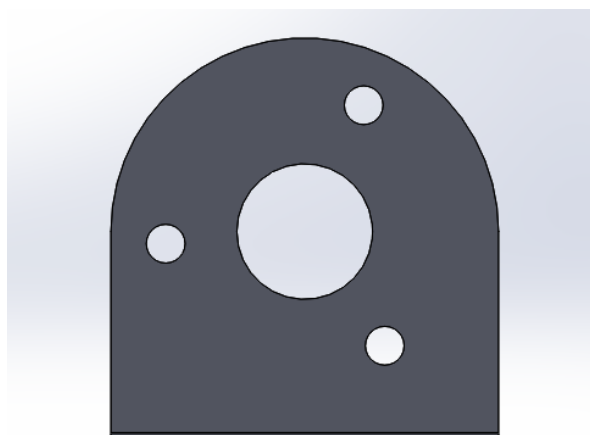


Figura 107. Primera cara del soporte motor

En la otra cara, se mecanizará dos colisos para collar el soporte en la base. Los colisos servirán para ajustar el acoplamiento de los dos piñones, como ya se ha mencionado anteriormente.

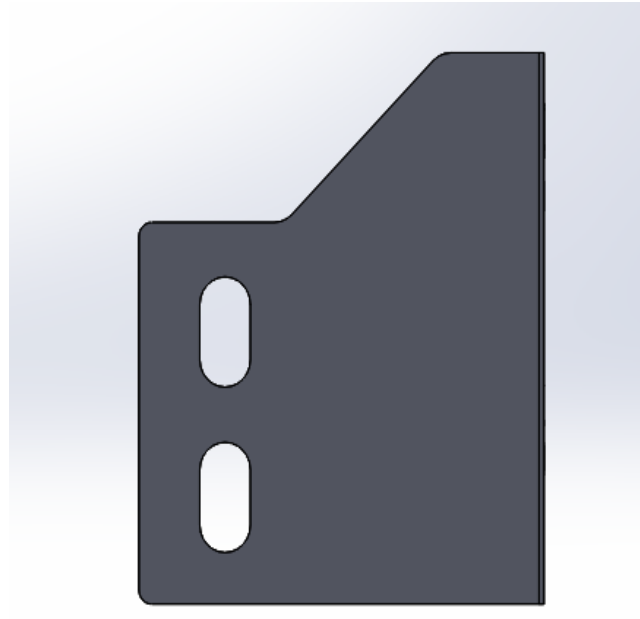


Figura 108. Segunda cara del soporte motor

El resultado final, es el que se muestra en la siguiente figura:

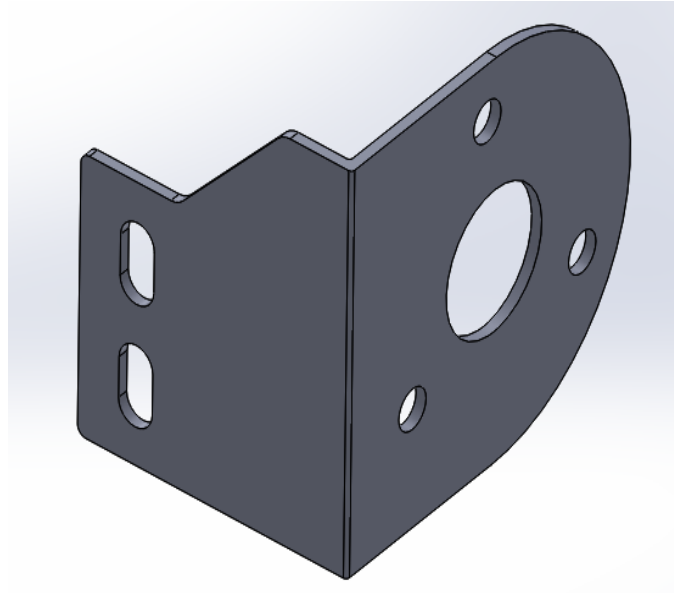


Figura 109. Aspecto final del soporte motor

6.12. Actualización de la base:

Para facilitar la fijación del soporte motor sobre la base, ésta última se tiene que modificar, de manera que se mecaniza una cara que antes era redonda, y se tiene que dejar plana para poder mecanizar los agujeros roscados.

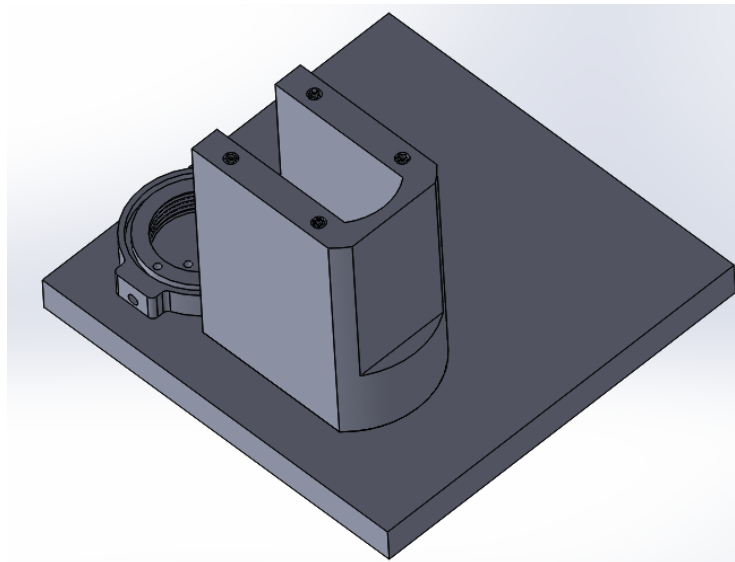


Figura 110. Mecanización de la base

Para mecanizar los agujeros roscados, se ponen de manera que queden justo en la mitad de los colisos diseñados, eso se consigue montando todo el conjunto y midiendo las distancias resultantes.

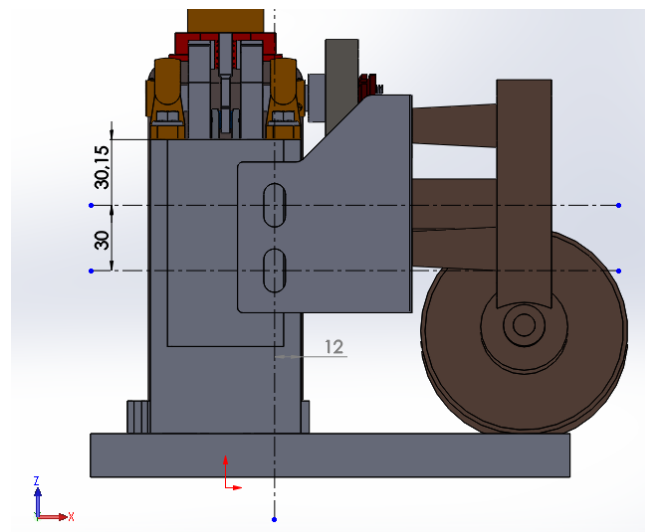


Figura 111. Medición de los agujeros del soporte motor

Una vez tomadas las medidas, se procede a mecanizar los agujeros roscados en la base. Se opta por poner unos tornillos **DIN EN 24018** de métrico M8, junto con arandelas **DIN 6902 M8**.

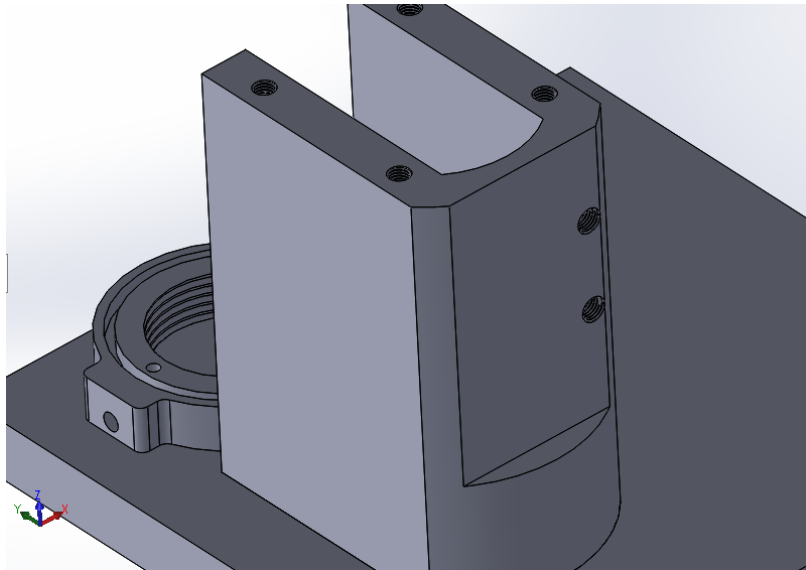


Figura 112. Mecanización de roscas para el soporte motor sobre la base

Por otra banda, para collar el soporte sobre el motor, se utilizan tornillos métricos de M8 y arandelas también, como los usados en el caso anterior, ya que el motor viene con roscas de este tipo.

Una vez montado todo el conjunto del soporte con sus respectivos tornillos y arandelas, queda como se muestra en la siguiente figura:

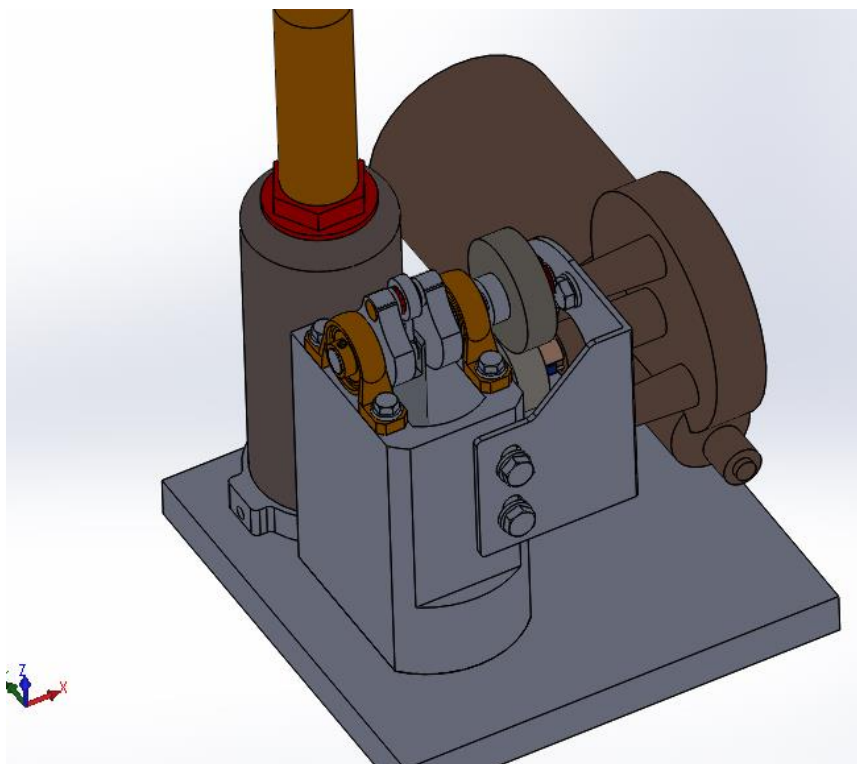


Figura 113. Ensamblaje del soporte motor

6.13. Instalación eléctrica: accionamiento manual (pulsador):

En la versión de gato hidráulico motorizado, hace falta explicar, de manera breve, la instalación eléctrica con sus diferentes componentes que se van a utilizar para poder poner en marcha el motor, y así, el gato hidráulico.

En este apartado, no se va a estudiar a fondo todo el tema eléctrico, ya que nos puede llevar mucho tiempo y mucho trabajo, por lo que solo se va a comentar los elementos y una idea general de cómo va a funcionar el sistema, tampoco se van a diseñar todos los elementos y soportes en cuanto a sistema eléctrico se refiere.

En general, la idea es aprovechar los 12V que proporciona la batería, como todos los vehículos turismos, de corriente continua, por lo tanto, toda la instalación será basada en corriente continua y de 12 voltios.

Antes de proceder a la elaboración del esquema eléctrico, se consultan los datos técnicos del motor utilizado, ya que es muy importante saber la intensidad a la que trabaja para poder buscar elementos conforme esos datos.

REFERENCIA REFERENCE NUMBER REFERENZNUMMERN	TENSION NOMINAL NOMINAL VOLTAGE NENNSPANNUNG	PAR NOMINAL NOMINAL TORQUE DREHMOMENT NOMINAL	VELOCIDAD NOMINAL NOMINAL SPEED NENNLEISTUNG	CORRIENTE NOMINAL NOMINAL CURRENT NOMINAL STROM	PAR DE ARRANQUE STARTING TORQUE ANZUGSDREHMOMENT	CORRIENTE DE ARRANQUE STARTING CURRENT ANZUGSTROM	EJE SHAFT WELLE	CONEXIONES CONNECTIONS ANSCHLUSSE	ESQUEMA ELÉCTRICO WIRING DIAGRAM SCHALTBLD	RELACION DE REDUCCION TRANSMISION RATIO RAPPORT DE REDUCTEUR UNTERSETZUNG	PESO APROXIMADO APPROXIMATE WEIGHT POIDS APPROXIMATE GEWICHT (kg.)	GRADO DE ESTANQUEIDAD WATER TIGHTNESS FEUCHTIGKEITSSCHUTZKLASSE	MATERIAL RUEDA WHEEL MATERIAL MAT. DESSCHNECKENRADES	DISEÑO A.B.C DESIGN A.B.C ABBILDUNG A.B.C	CURVA CURVE KURVE
	Un (V)	Mn (N.m./lbf.in)	nn (r.p.m.)	ln (A)	Ma (N.m./lbf.in)	la (A)				i	P (kg/lb.t)	IP			
259.3710.20.00	12	20 / 177	22	12	130 / 1150	60	E37	C34	EE2	50:1	5.90 / 15.80	IP53	PLA	A	20
259.3710.30.00	24	20 / 177	22	6	130 / 1150	30	E37	C34	EE2	50:1	5.90 / 15.80	IP53	PLA	A	20
259.9001.20.00	12	15 / 132.7	40	18	120 / 1062	98	E37	C34	F2	50:1	5.90 / 15.80	IP53	PLA	A	21
259.9001.30.00	24	15 / 132.7	40	9	120 / 1062	49	E37	C34	F2	50:1	5.90 / 15.80	IP53	PLA	A	21
259.9008.30.00	24	25 / 221	25	7	135 / 1195	30	E37/E51	C34	EE2	50:1	5.90 / 15.80	IP40	PLA	B	22
259.9016.30.00	24	20 / 177	22	6	130 / 1150	30	E37	C34	EE2	50:1	5.90 / 15.80	IP53	CEL	A	20

Figura 114. Características del motor eléctrico seleccionado

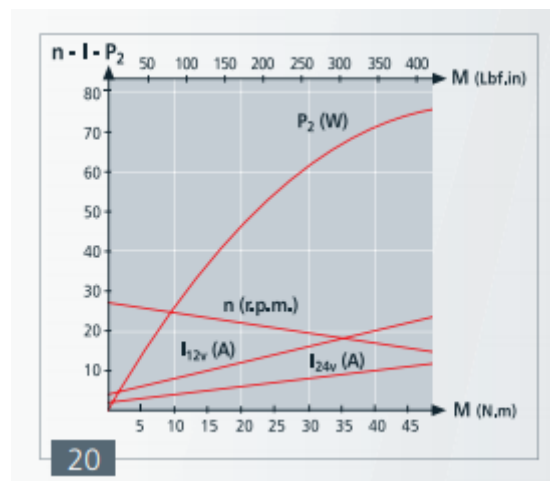


Figura 115. Gráfico de curvas de funcionamiento del motor seleccionado

Después de observar, tanto la tabla de características como la gráfica que facilita el fabricante, el motor consume una intensidad nominal de 12A aunque durante del arranque, puede llegar a los 60A, una intensidad muy elevada pero que dura muy pocos segundos en condiciones normales de funcionamiento.

Sabiendo la intensidad de funcionamiento, ya se pueden buscar elementos que se van a utilizar, teniendo en cuenta esta intensidad.

6.13.1. El relé:

Uno de los elementos más importantes es el relé. Básicamente se va a utilizar para proteger el pulsador que pondrá en marcha el motor. Son elementos que se utilizan cuando hay riesgo de que se produzcan arcos eléctricos en contactos, como interruptores y pulsadores, estos arcos hacen que se suelden los contactos y así provocar daños importantes, no solo del pulsador, sino que también del motor y todo el circuito.

El relé que se va a utilizar en este caso tendrá que ser de 12V obviamente, pero que pueda soportar una intensidad más grande que los 12A que consume el motor en condiciones normales.

Después de una pequeña búsqueda, se opta por un relé de la marca Bosch que puede soportar hasta 30A para evitar así cualquier subida de corriente que pueda ocurrir durante el arranque.

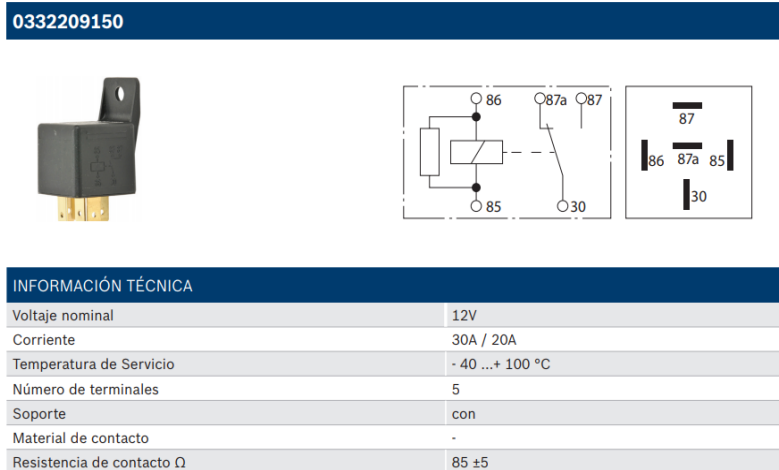


Figura 116. Relé seleccionado

6.13.2. Fusibles:

Otro de los componentes importantes en toda instalación eléctrica, son los fusibles, ya que protegen los demás elementos de cualquier subida de tensión en toda la instalación. En nuestro caso, se utilizarán fusibles de 20A (color amarillo) y otro de 5A (color naranja).

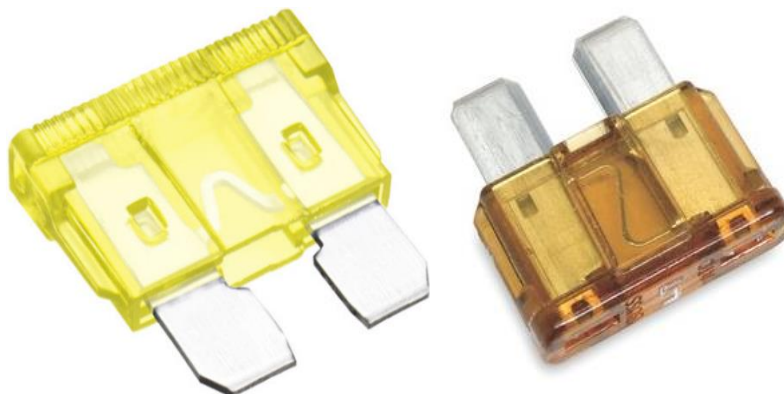


Figura 117. Fusibles seleccionados

6.13.3. Pulsador:

Para poder poner en marcha el motor, se usará un pulsador en vez de un interruptor, con el objetivo de que, el gato hidráulico solo funcione cuando se está pulsando, de esta manera, se asegura que el motor, y por lo tanto, el gato hidráulico, se ponga en marcha de manera voluntaria y evitar cualquier tipo de accidente o funcionamiento involuntario.



Figura 118. Pulsador seleccionado

Una vez elegidos los elementos que se van a utilizar en la instalación eléctrica de nuestro gato hidráulico, se procede a elaborar el esquema.

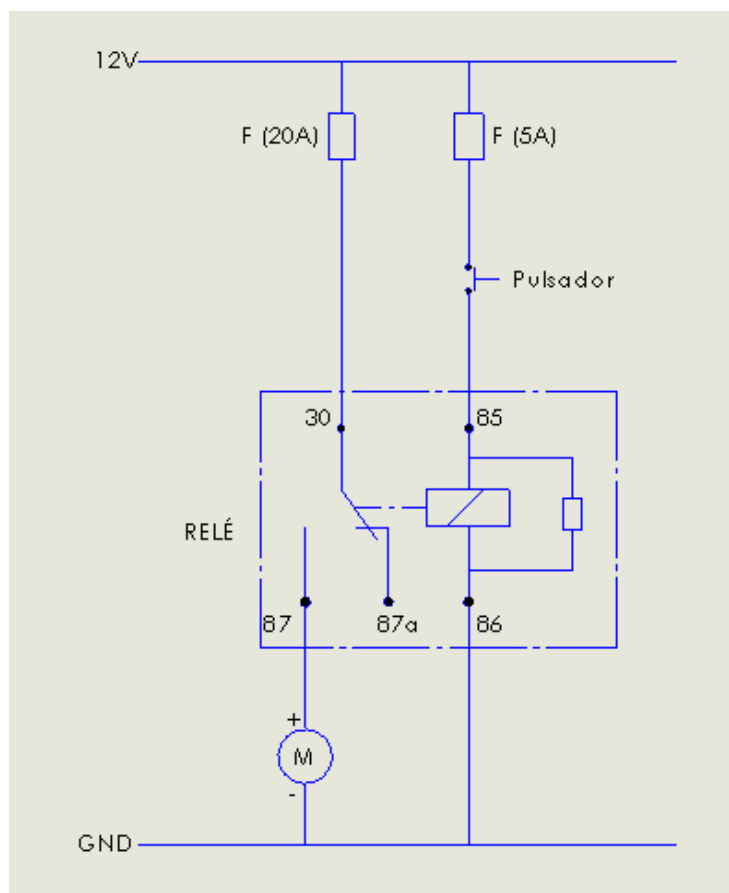


Figura 119. Esquema instalación eléctrica (accionamiento manual)

6.13.4. Breve explicación del esquema:

Para entender el esquema, el elemento más importante es el relé, la conexión del relé se hace en los siguientes pasos:

- Se conecta el positivo del motor al pin '87' del relé que es el contacto normalmente abierto, mientras el negativo del motor se conecta a la masa o al negativo de la batería del coche.
- El pin '30' se conecta al positivo de la batería del coche, pasando por un fusible de 20A.
- El pin '85' se conecta al positivo de la batería del coche, pasando por un fusible de 5A y pasando por el pulsador.
- El pin '86' se conecta al negativo de la batería o la masa.

Una vez hechas todas las conexiones, al activar el pulsador, la corriente pasa por la bobina del relé por los terminales '85' y '86', de esta manera, se excita el relé conectando los terminales '30' y '87' y hace que la corriente pase por el motor poniéndolo en marcha.

Cuando se deja de apretar el pulsador, el relé deja de excitarse y de la misma manera, desconecta los terminales '30' y '87' y a su vez el motor.

6.14. Instalación eléctrica: accionamiento mediante aplicación móvil:

Como alternativa al accionamiento manual mediante un pulsador, se estudiará la opción de utilizar un accionamiento automático mediante una aplicación móvil.

En cuanto a los componentes, se utilizarán, tanto elementos usados en la versión anterior, como también componentes nuevos que se explicarán en seguida. A continuación, se nombrarán todos lo que se va a necesitar para llevar a cabo la instalación eléctrica de esta versión.

- Relé 12V (20A/30A) el utilizado en la versión anterior.
- Relé 5V/12V, se explicará más adelante.
- 2 fusibles de 20A y 2A como los utilizados anteriormente.
- Una placa Arduino (UNO) que se explicará detalladamente a continuación.
- Una pila 9V.

De los componentes nuevos, se encuentran; la placa Arduino, la pila de 9V y el relé para el Arduino. A continuación, se explicarán y se elegirán los tipos y su función en la instalación.

6.14.1. Pila 9V:

La pila de 9 voltios se utilizará para proporcionar tensión a la placa de Arduino que se va a usar.



Figura 120. Pila 9V

6.14.2. Relé 5V/12V:

El relé de 5V/12V se utilizará para ser excitado por la placa Arduino, ya que funciona con 5V, y a su vez, se usará para accionar el otro relé de potencia (12V) que estará conectado con el motor.

Se opta por un relé de la marca 'Songle' con las características que se muestran la figura siguiente:

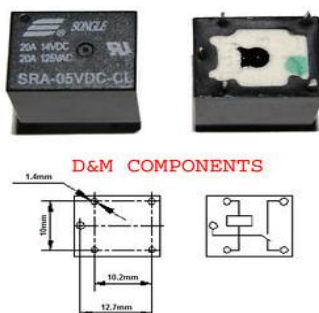


Figura 121. Relé para Arduino (5V/12V)

6.14.3. Placa Arduino:

La placa Arduino es un circuito impreso que está basada en un microcontrolador de código abierto. Tiene como objetivo el diseño de circuitos electrónicos de forma simple con la utilización de microcontroladores.

En nuestro caso, se utilizará para controlar el funcionamiento y la puesta en marcha del gato hidráulico mediante una aplicación del móvil, ya que permite la conexión del móvil con la Arduino a través del Bluetooth.

Obviamente, existe una variedad a la hora de querer utilizar estas placas, para nuestro diseño, se opta por la utilización del Arduino UNO, que se conoce por sus pequeñas dimensiones, por ser de los más pequeños de toda la gama Arduino.

A continuación, se muestran las características que tiene este tipo de placas:

Microcontrolador	Atmega328
Voltaje de operación	5V
Voltaje de entrada (Recomendado)	7 – 12V
Voltaje de entrada (Límite)	6 – 20V
Pines para entrada- salida digital.	14 (6 pueden usarse como salida de PWM)
Pines de entrada analógica.	6
Corriente continua por pin IO	40 mA
Corriente continua en el pin 3.3V	50 mA
Memoria Flash	32 KB (0,5 KB ocupados por el bootloader)
SRAM	2 KB
EEPROM	1 KB
Frecuencia de reloj	16 MHz

Tabla 4. Características técnicas Arduino UNO

El esquema de toda la instalación eléctrica queda como se muestra en la siguiente figura:

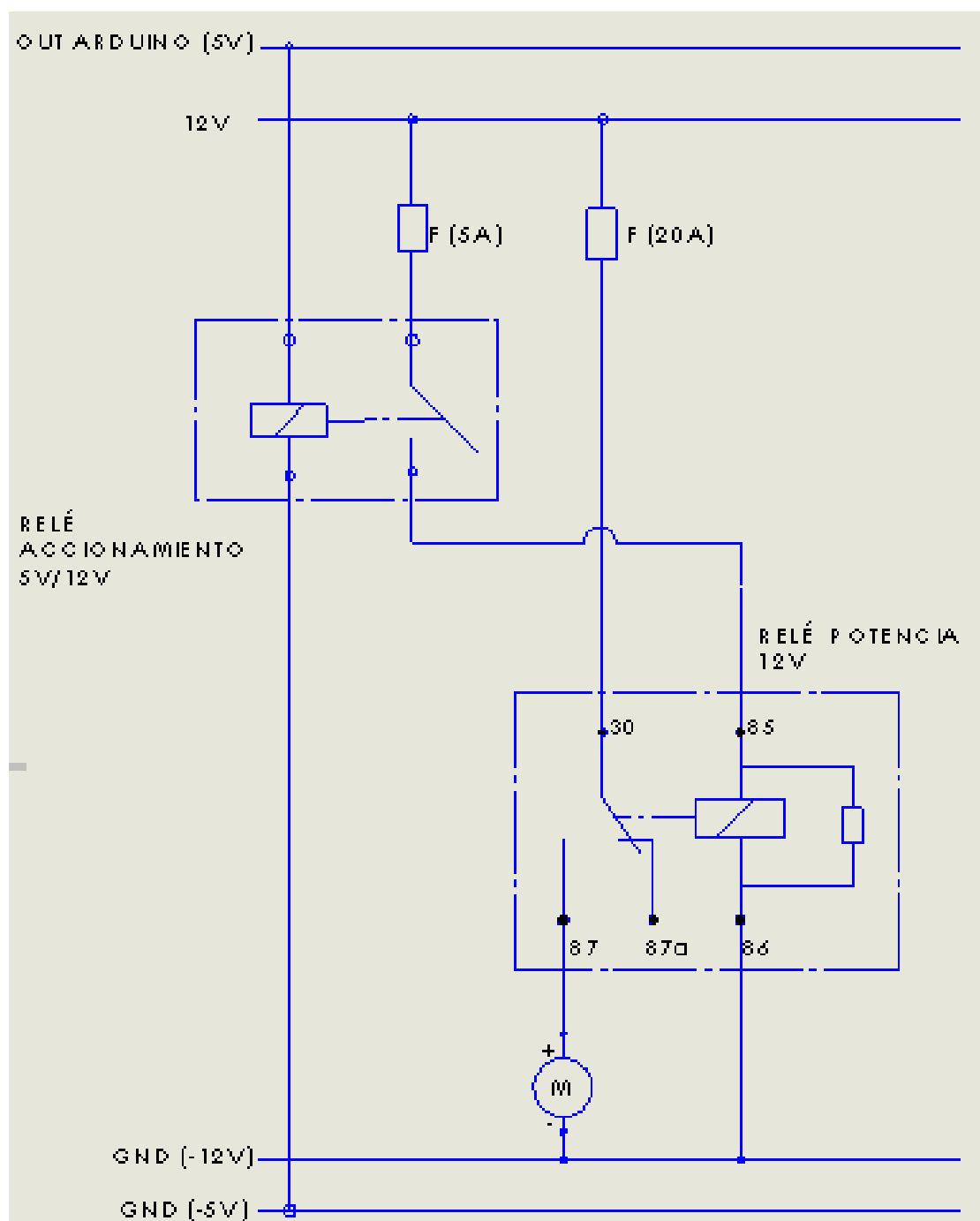


Figura 122. Esquema instalación eléctrica (accionamiento automático)

El funcionamiento se explicará en los pasos siguientes:

- El Arduino recibe una orden desde el móvil, a través de la aplicación que se diseñará más tarde.
- La placa Arduino envía una señal en forma de 5V al relé de 5V/12V.
- Los 5V excitan la bobina del relé 5V/12V que a su vez acciona el relé de potencia de 12V excitando su bobina a través de los pins '85' y '86'.

- Una vez excitado el relé de potencia, se conectan los pins '30' y '87' dejando pasar los 12V que accionarán el motor que está conectando en serie.
- Cuando el Arduino deja de recibir la orden de la aplicación del móvil, a su vez deja de proporcionar los 5V al relé de accionamiento (5V/12V), desconectando así también, el relé de potencia (12V) que acciona el motor, y de esta forma el motor se para.

6.15. Diseño aplicación móvil:

Para crear la aplicación móvil que controlará el funcionamiento de nuestro gato hidráulico, se hace con la página web <http://appinventor.mit.edu> ya que es una plataforma gratuita y simple de utilizar. A continuación, se explicará todo el procedimiento de la creación de la aplicación.

- Una vez en la página web, se selecciona el icono 'create apps'

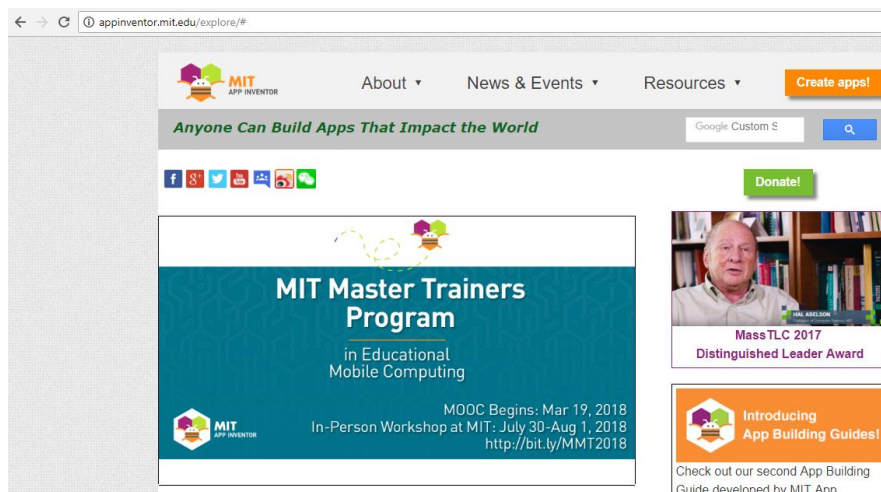


Figura 123. Aspecto página web

- Sale una ventanilla que nos dice de poner nombre a nuestra aplicación, en nuestro caso, ponemos 'Gato Hidraulico'.

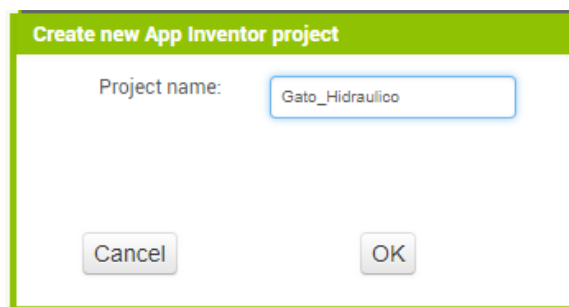


Figura 124. Nombre de la aplicación

- Para seguir con la creación de la aplicación, hay que tener claro, que se hace en dos etapas, la etapa del diseño de la aplicación y la etapa de los bloques. Se comienza con el diseño, ya que es donde se ponen todos los botones que se necesitarán.

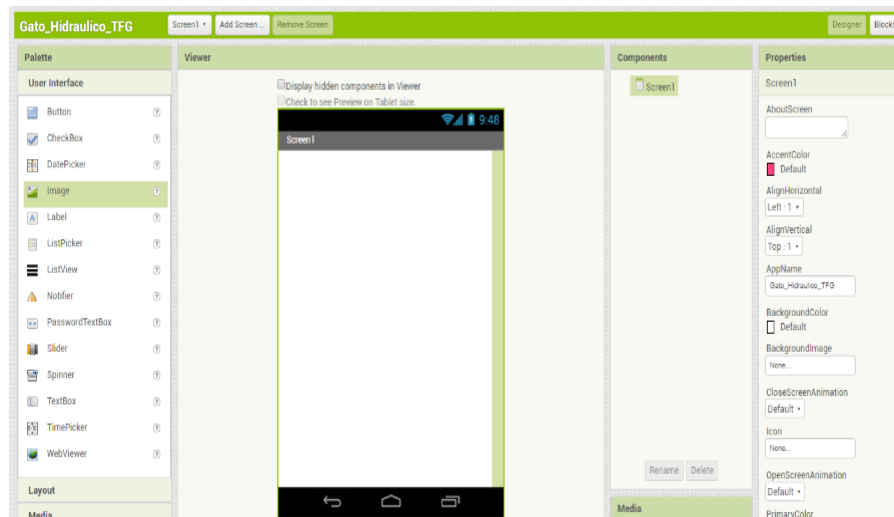


Figura 125. Inicio del diseño de la aplicación

- En la etapa de diseño, se empieza por subir imágenes para mejorar un poco el diseño de la aplicación estéticamente.

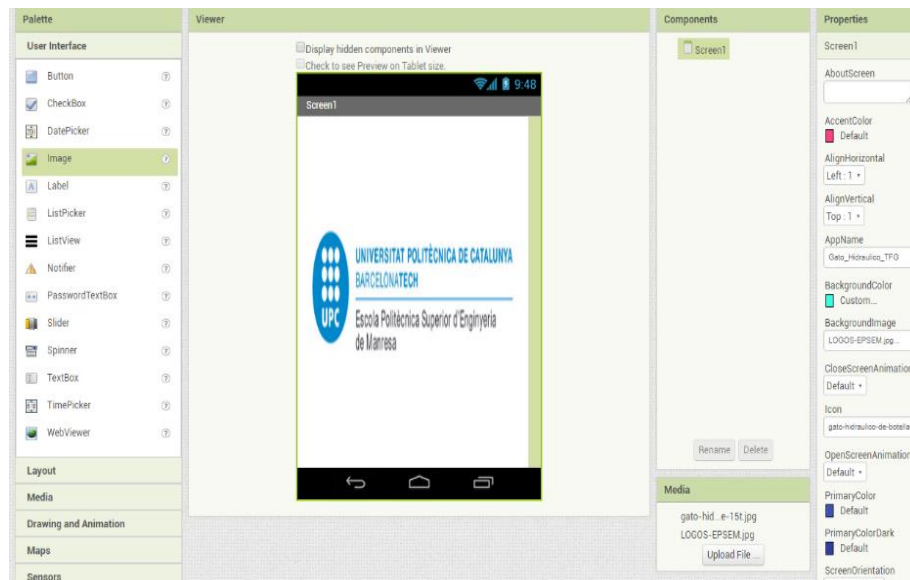


Figura 126. Diseño del fondo de la pantalla

- A continuación, se selecciona el primer botón que se va a utilizar, será de tipo 'ListPicker' y es para poder conectar el móvil con el Arduino mediante el Bluetooth. Se puede cambiar el nombre, ya que es un botón que saldrá en la pantalla del móvil. Como es el botón que nos permite la conexión bluetooth, se le pone como nombre 'Conectar Bluetooth' y se le cambia el color etc....

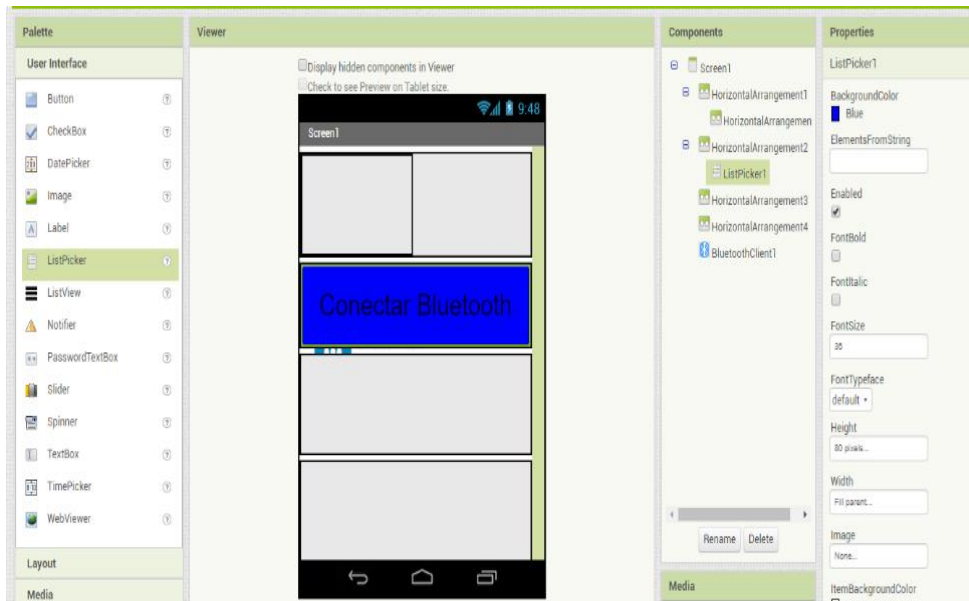


Figura 127. Inserción del botón para la conexión Bluetooth

- Para acabar de conectar el Bluetooth, Se selecciona en 'Connectivity' la opción de 'BluetoothClient' que será un elemento que no es visible en la aplicación pero que es importante su utilización.

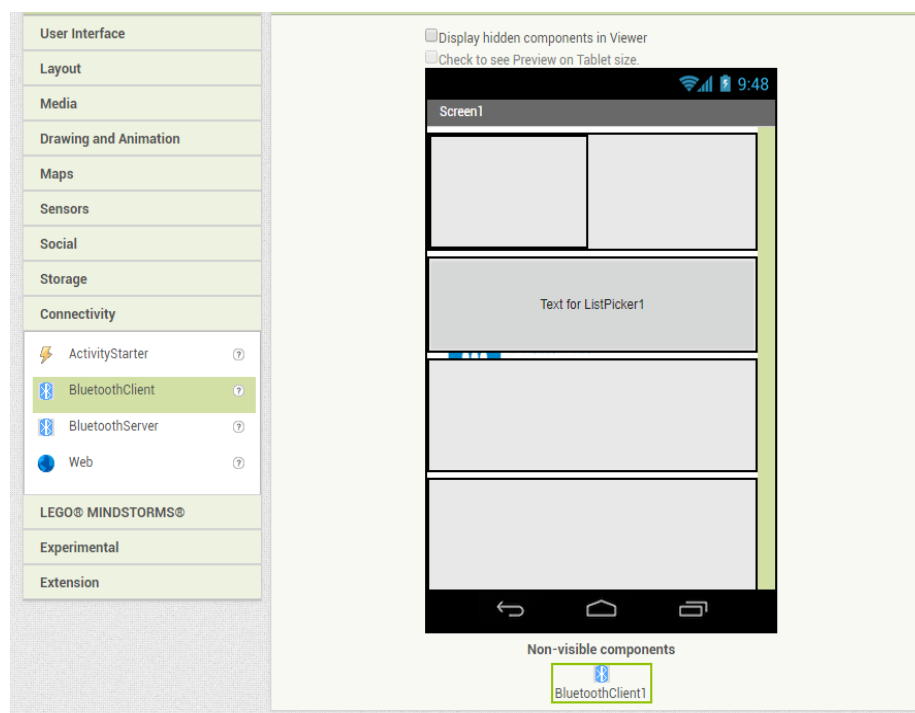


Figura 128. Selección del BluetoothClient

- El siguiente botón será para poner en marcha el gato hidráulico, así que, será de tipo 'Button' y se le pondrá el nombre de 'Subir Gato' junto con el símbolo de una flecha hacia arriba.

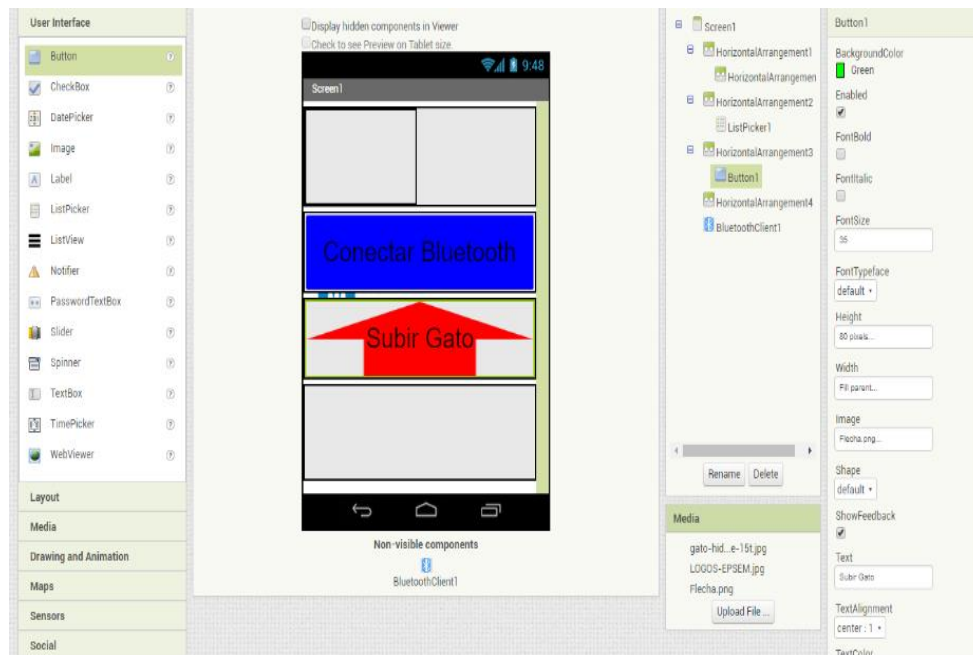


Figura 129. Inserción del botón de 'Subir el gato hidráulico'

- El siguiente botón es el de parar el motor y así, parar de subir el gato. Será de tipo 'Button' y se le pondrá el nombre de 'OFF'.

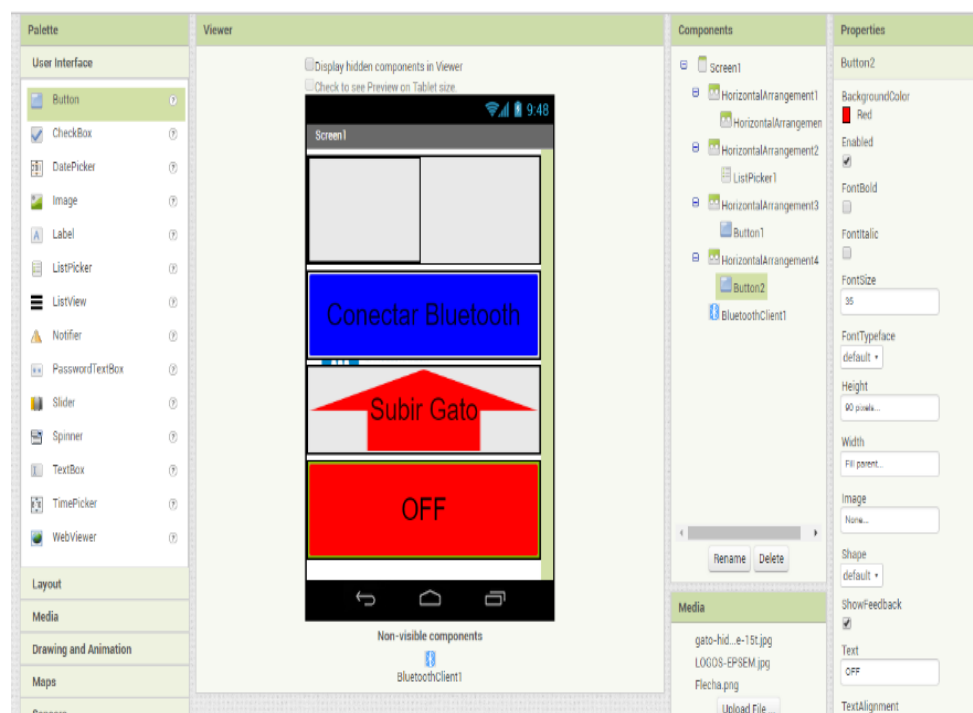


Figura 130. Inserción del botón de 'Parar el gato hidráulico'

- En el espacio que sobra de la pantalla, se suben imágenes para rellenar y darle un toque estético a la aplicación.



Figura 131. Inserción de otras imágenes

- Una vez completada la etapa de diseño, se procede a crear los bloques.

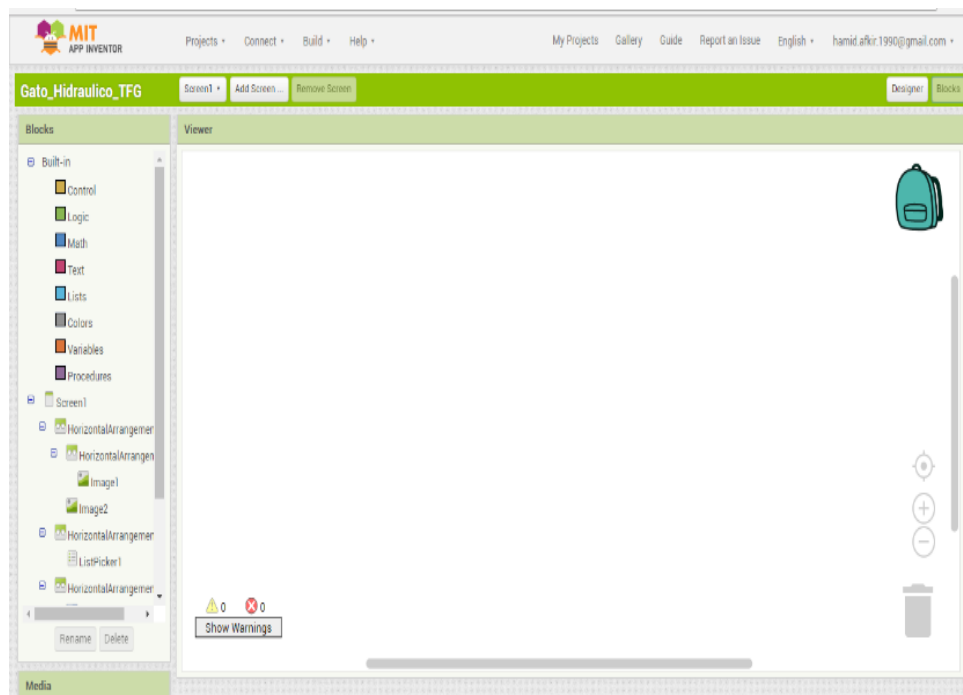


Figura 132. Inicio etapa diseño de bloques

- El primer bloque es el de antes de apretar el botón de solicitar la conexión bluetooth, y lo que hace básicamente es, colocar la dirección de nuestro módulo bluetooth del Arduino en la lista junto con todas las otras direcciones bluetooth. Por lo tanto, el bloque que se tiene que hacer es el siguiente, utilizando las herramientas que se encuentran a la izquierda.

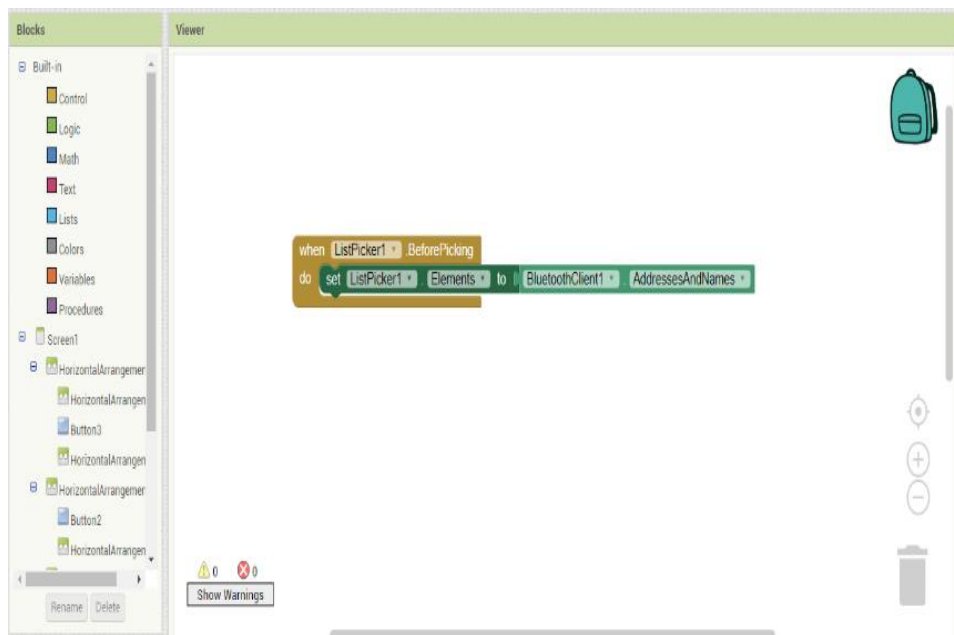


Figura 133. Definición bloque de antes de conectar el bluetooth

- El segundo bloque, es cuando se aprieta el botón de solicitar el bluetooth, servirá para que se conecte a la dirección de nuestro módulo bluetooth, que se encuentra en la nuestra placa Arduino. El bloque queda, como se muestra en la siguiente figura:

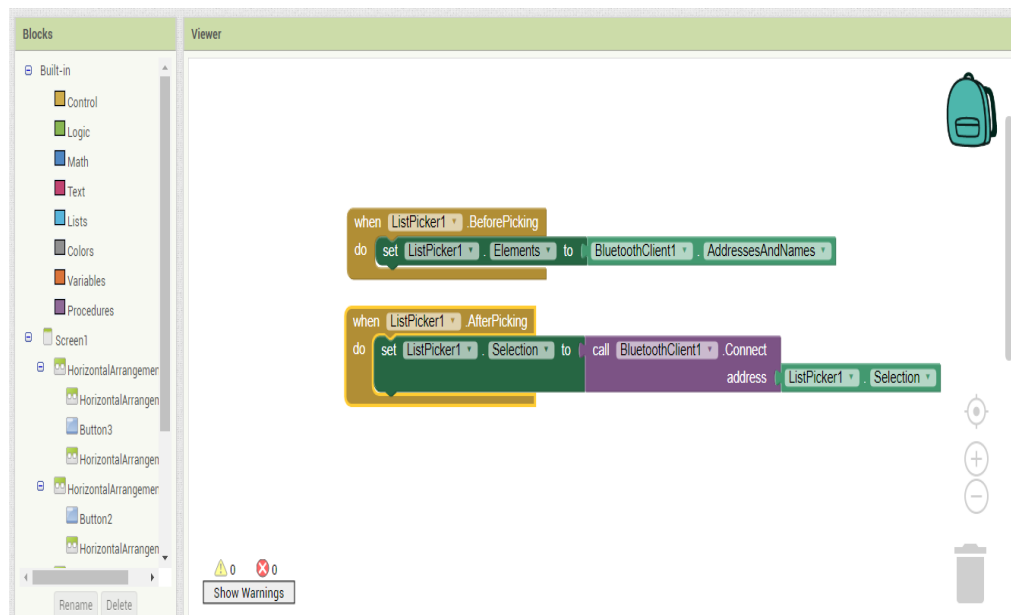


Figura 134. Definición bloque de después de conectar el bluetooth

- Los siguientes bloques, son para cuando se aprietan los dos botones de, poner en marcha y parar el motor. Básicamente, la aplicación hará que cuando se apriete el botón 1 (poner en marcha el motor), enviará un texto '1', y cuando se apriete el segundo botón, enviará un texto '2', estos textos, se envían a la placa Arduino. Los bloques quedan de esta manera:

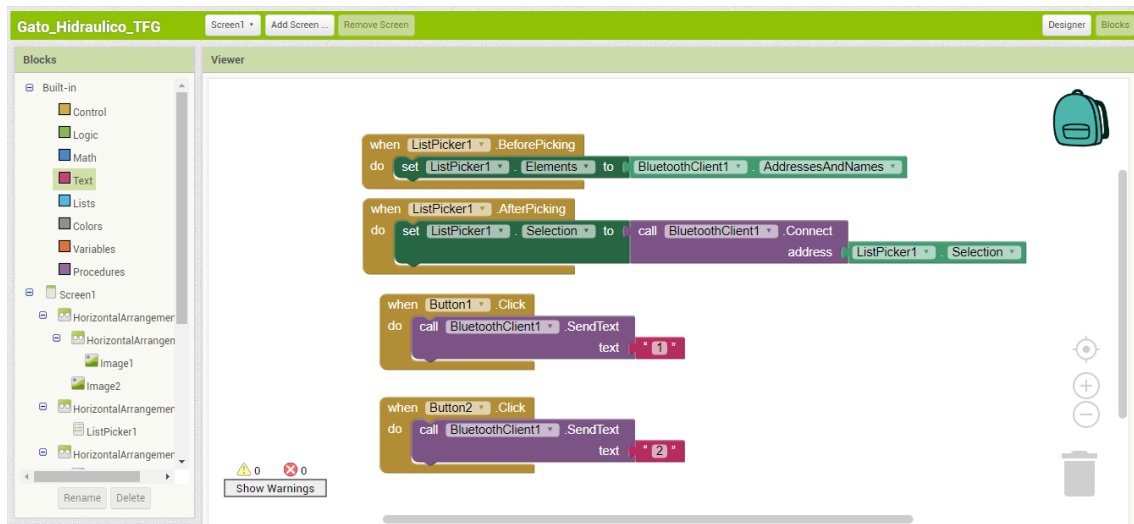


Figura 135. Definición del resto de bloques

- De manera rápida, y sin detallar mucho, la aplicación que se utilizará es la que se acaba de crear, ahora solo queda descargarla e instalarla en el teléfono móvil, para ello, se hace con la siguiente manera; en 'Build' y se guarda el archivo como '.apk'.

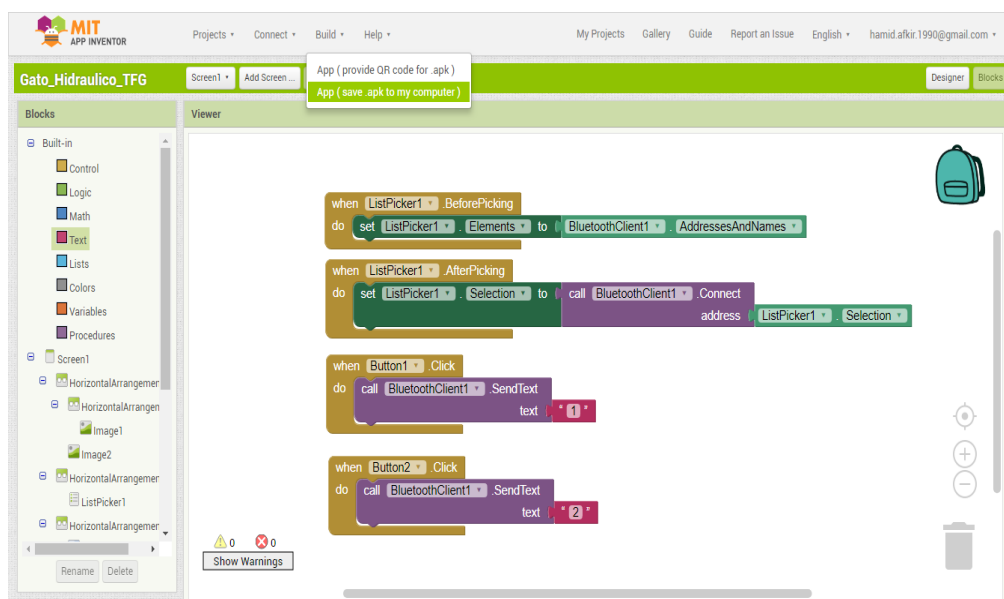


Figura 136. Descarga de la aplicación

El siguiente paso, será crear el código que se va a subir a la placa Arduino para poder interpretar y actuar según las órdenes que se acaban de crear en la aplicación.

6.15.1. Código para placa Arduino:

Para crear el código y poder subirlo a nuestra placa Arduino, se utiliza el mismo programa 'Arduino' con su versión 1.8.5. los pasos para generar el código son los siguientes:

- Se comienza declarando dos variables de tipo 'int', una se llamará 'Motor' y la otra 'Estado'. La variable 'Motor' se le asigna el número 8, lo que es lo mismo, el pin 8 del Arduino. La variable 'Estado' en un principio se le asigna el número 0.



Figura 137. Declaración de variables

- Seguidamente, y en el 'Void Setup', apartado donde se establecen todos los parámetros antes de proceder a la ejecución del código. Por una parte, se inicia el 'puerto serial' que nos permite la conexión bluetooth mediante 'Serial.begin (9600)', y por la otra parte, se declara el pin 8 del Arduino como salida, el pin 8 que se conectará al motor.



Figura 138. Iniciación del puerto serial

- A continuación, y en el apartado del bucle 'Void loop', se hace una primera condición para asegurar que el puerto del bluetooth este habilitado y en funcionamiento. Para ello, se hace con la siguiente manera. Si el puerto serial está habilitado con un valor más grande que 0, se procede a leer el valor que tiene y se almacena en la variable 'Estado'.

```
sketch_feb24a $  
  
int Motor = 8;  
int estado = 0;  
  
void setup() {  
  
  Serial.begin(9600);  
  pinMode(Motor, OUTPUT);  
}  
  
void loop() {  
  
  if (Serial.available() > 0) {  
    estado = Serial.read();  
  }  
}
```

Figura 139. Condición de estado del puerto serial

- Después de almacenar el valor que tiene el puerto, se hacen dos condiciones, de manera que, si el valor de la variable 'Estado' es 1, la placa Arduino envía 5V por el pin 8 que es una salida mediante la variable 'Motor' y así se pone en marcha el motor del gato hidráulico. Mientras que en el caso de que el valor de la variable 'Estado' es de 2, la placa Arduino deja de enviar los 5V y así para el motor.
- El código entero queda como se muestra en la siguiente figura:

```
sketch_feb24a $  
  
int Motor = 8;  
int estado = 0;  
  
void setup() {  
  
  Serial.begin(9600);  
  pinMode(Motor, OUTPUT);  
}  
  
void loop() {  
  
  if (Serial.available() > 0) {  
    estado = Serial.read();  
  }  
  
  if (estado == '1') {  
    digitalWrite(Motor, HIGH);  
  }  
  if (estado == '2') {  
    digitalWrite(Motor, LOW);  
  }  
}
```

Figura 140. Condiciones de motor en marcha y parada

6.15.2. Resumen funcionamiento la aplicación con la placa Arduino:

De manera resumida, se puede explicar el funcionamiento de la aplicación móvil para poder poner en marcha el motor de nuestro gato hidráulico. Los pasos para realizarlo son los siguientes:

- Al apretar el botón 1 en la aplicación, ésta última envía un texto '1' a la placa Arduino mediante el bluetooth.
- La placa recibe el texto '1' lo almacena en la variable 'Estado'.
- Se lee la variable 'Estado', y como el valor es 1, se envía una señal de 5V al pin 8 que es una salida, a través de la variable 'Motor'.
- La instalación eléctrica recibe los 5V que necesita para ponerse en marcha y así hacer funcionar el motor eléctrico.
- Al apretar el botón 2 de parar el motor, el texto enviado es '2'.
- La placa Arduino al leer el texto '2', deja de suministrar los 5V a la instalación eléctrica, y de esta manera, hace parar el motor.

CAPÍTULO 7: EL DISEÑO DE COMPONENTES COMPLEMENTARIOS

7.1. Tapas de protección:

una vez definido todo el mecanismo de accionamiento, tanto en la versión con manivela como en la versión motorizada, el siguiente paso será diseñar las tapas de protección para las dos versiones. Básicamente, las tapas servirán de protectores del gato hidráulico ante la posibilidad, primero de que no entren impurezas al pistón secundario, y segundo de que no se haga daño con los piñones y demás elementos móviles a la hora de poner el gato hidráulico en marcha. Las ambas tapas se harán de plástico, para así, disminuir el peso de todo el conjunto.

7.1.1. Tapa versión manivela manual:

La tapa de protección para la versión de manivela manual será más pequeña obviamente, ya que en esta versión no lleva piñones ni motor para protegernos de ellos. Así que, básicamente solo se protegerá la zona del pistón secundario, de manera que no entre o se caigan objetos en el compartimiento del sistema de accionamiento Biela-Manivela, y de esta manera se produzcan daños en el sistema. El aspecto de la tapa será simple y por eso se opta por una forma rectangular, redondeada en las aristas y que se adapte a la forma de la base y de las cajas utilizadas. Para collarla a la base, se mecanizarán cuatro roscas, dos por cada lado, en la base, serán de métrico 6 y que atravesarán todo el grueso de la base. Se utilizarán tornillos M6 con longitud pequeña **DIN 912** junto con sus arandelas **DIN 9021**. En la tapa, se hacen agujeros de diámetro 7mm en ambos lados de la tapa, y en el medio, se hace un corte redondo adaptado a la forma de la caja y el eje del cigüeñal. El aspecto final de la tapa será como se muestra en la siguiente figura:

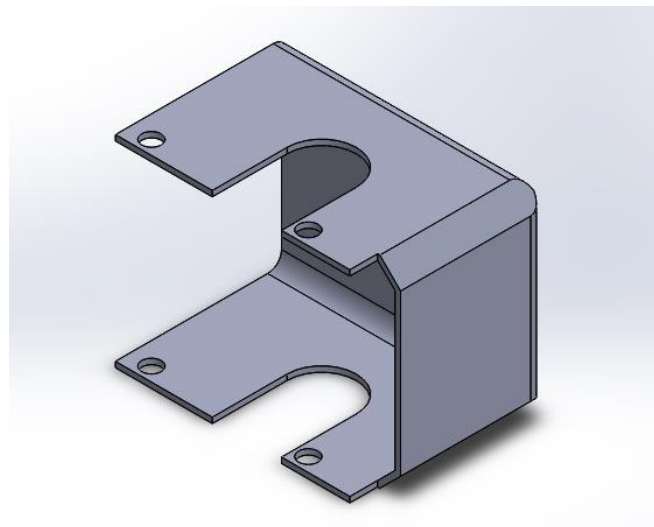


Figura 141. Aspecto tapa protección en la versión gato hidráulico con manivela manual

Después de mecanizar las roscas en la base, se fija la tapa mediante los tornillos y sus arandelas a la base junto con todo el conjunto y queda como muestra la figura siguiente:

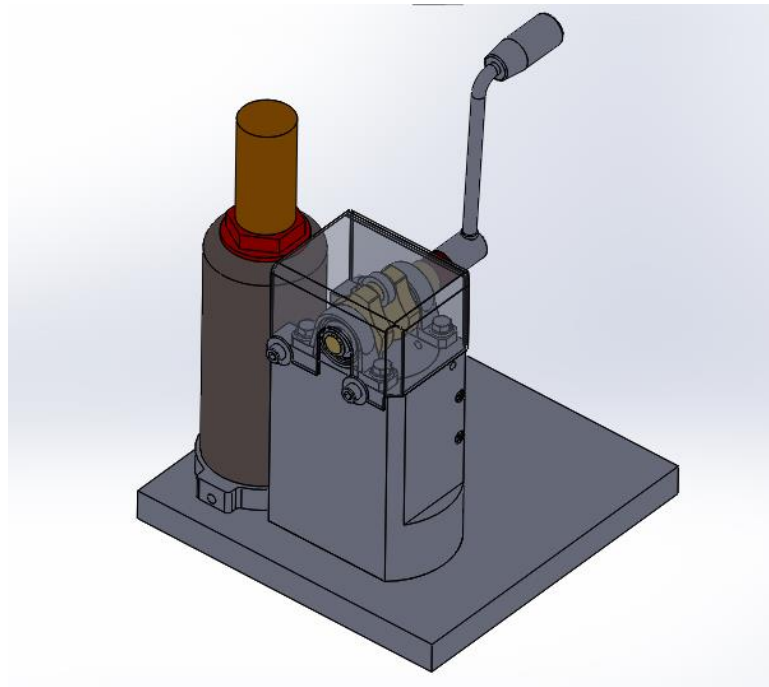


Figura 142. Ensamblaje de la tapa de protección

7.1.2. Tapa versión motorizada:

En el caso de la versión de gato hidráulico con motor, la tapa será más grande que en el caso anterior, ya que tendrá que proteger, tanto la zona del mecanismo de accionamiento como la zona de los componentes móviles del motor.

La tapa tendrá una forma rectangular y adaptada para que encaje bien con la base, donde irá collada mediante tornillos, y también con el soporte del motor de manera que los elementos móviles, no se pueda acceder a ellos fácilmente.

Como ya se ha mencionado, la tapa en este caso irá collada sobre la base aprovechando dos de las roscas mecanizadas en el caso anterior, y se añade otra rosca en la parte frontal de la base. De esta manera, la tapa quedará fijada con 3 tornillos M6 **DIN912** con sus correspondientes arandelas **DIN 9021**.

Se opta por fijar la tapa solo en la base y no en el soporte motor, ya que, en el caso de fijarla sobre el soporte motor, no se podrá acceder a apretar y/o aflojar los tornillos de manera fácil.

Cabe recordar que también en este caso, se hacen unos cortes en dos caras, de manera que encajen los ejes del cigüeñal y las cajas.

La forma final de la tapa es el que se muestra en la siguiente figura:

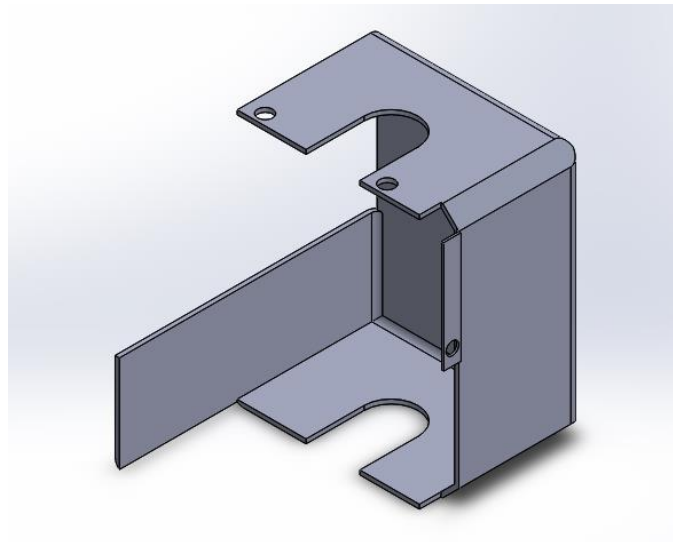


Figura 143. Tapa protección del gato hidráulico en versión motorizada

Una vez montada y fijada mediante los tornillos y arandelas, la tapa queda como se muestra seguidamente.

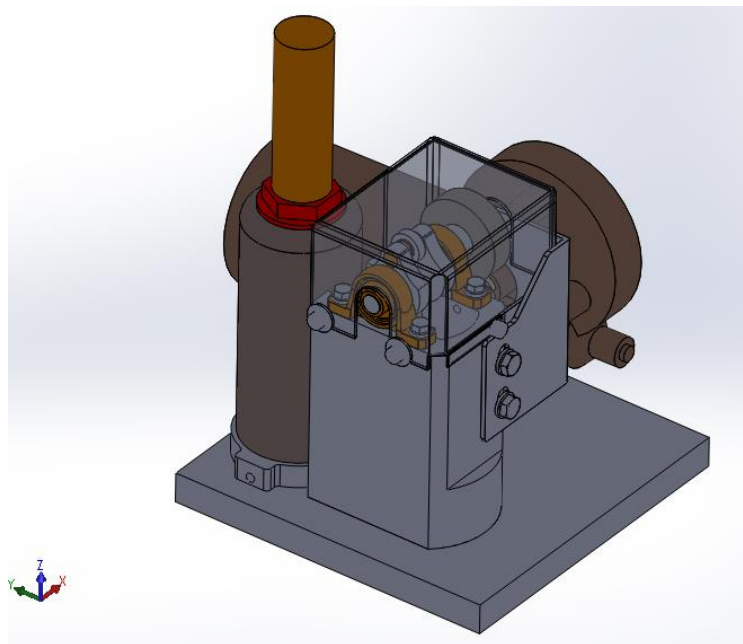


Figura 144. Ensamblaje de la tapa de protección

7.2. Tornillo de vaciado:

El tornillo de vaciado es un elemento importante para poder poner en funcionamiento el gato hidráulico. Es el componente que permite bajar el gato, abriendo la válvula que comunica la camisa principal con el depósito del líquido, o la carcasa, y de esta manera, libera la presión haciendo pasar el líquido desde la camisa principal hacia el depósito.

En la base se ha mecanizado una rosca métrica de M4 y se utilizará como válvula, un tornillo de oreja **DIN 316** que irá enroscado en la base, de manera que, al aflojarlo, abre el paso del

conducto que comunica la camisa principal y el depósito, mientras que, al apretarlo, se cierra el conducto.

WING SCREW DIN 316

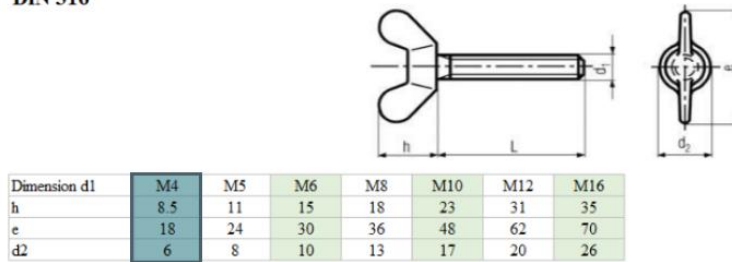


Figura 145. Elección del tornillo de vaciado

Se opta por este tipo de tornillos al ser fáciles de apretar y aflojar con la propia mano, sin necesidad de utilizar llaves.

Una vez montado el tornillo, queda como se muestra en la siguiente figura:

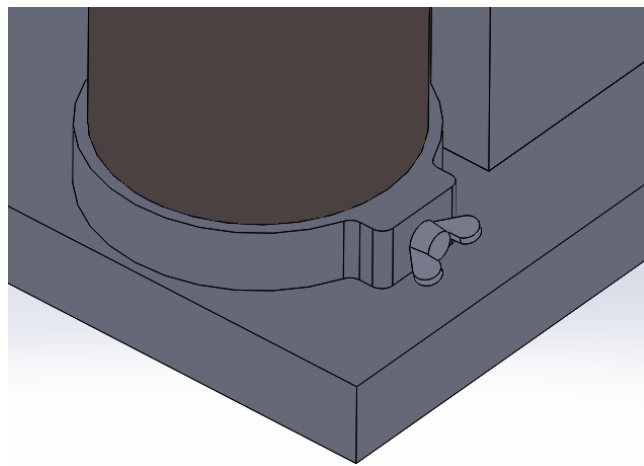


Figura 146. Ensamblaje del tornillo de vaciado

7.3. Válvulas antirretorno:

Como ya se ha comentado al principio de este trabajo, se utilizarán como válvulas antirretorno bolas metálicas, junto con arandelas, que evitarán que estas últimas, salgan de su alojamiento en la base. El alojamiento de las bolas es de 7mm, así que, las bolas serán de 6mm para facilitar su encaje y su movimiento también a la hora de actuar.

No se han encontrado bolas metálicas normalizadas y con las dimensiones que se necesitan para nuestro gato hidráulico, así que se van a diseñar junto con los demás componentes.

El montaje de las bolas en la base en sus correspondientes alojamientos, tanto en la camisa principal como la secundaria, queda como se muestra a continuación:

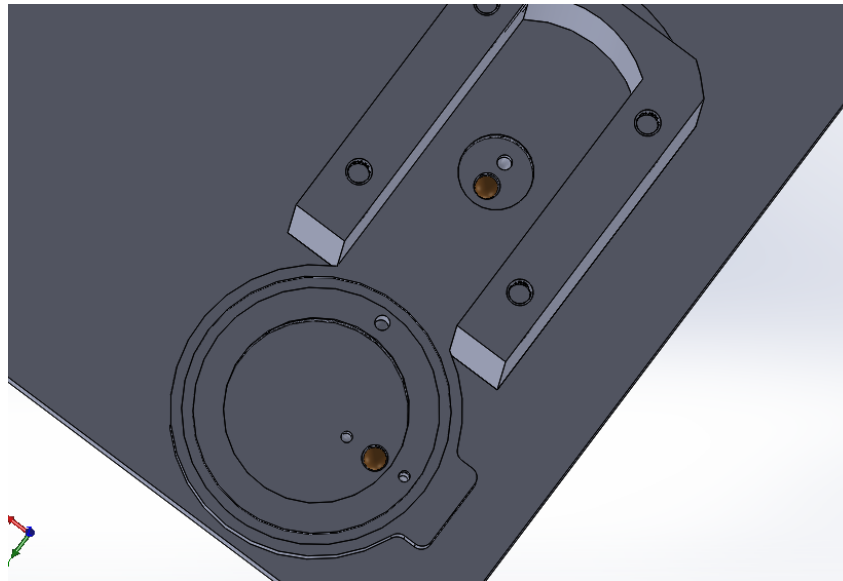


Figura 147. Colocación de las bolas antirretorno

Una vez colocadas las bolas, se diseñan arandelas con el diámetro exterior de los alojamientos y un diámetro interior, de manera que se puedan ver las bolas o una gran parte de ellas. La función de estas arandelas es evitar que las bolas, que actúan como válvula antirretorno, salgan de su alojamiento cuando son empujadas por el líquido, o sea cuando no están actuando como válvulas antirretorno.

Hay que procurar que las arandelas no tapen los otros conductos, y que solo no permitan que las bolas salgan de su alojamiento. Por otro lado, las dos arandelas quedarán apretadas por las dos camisas, tanto la principal como la secundaria.

Las dos arandelas, una vez montadas quedan como se muestra en la siguiente figura:

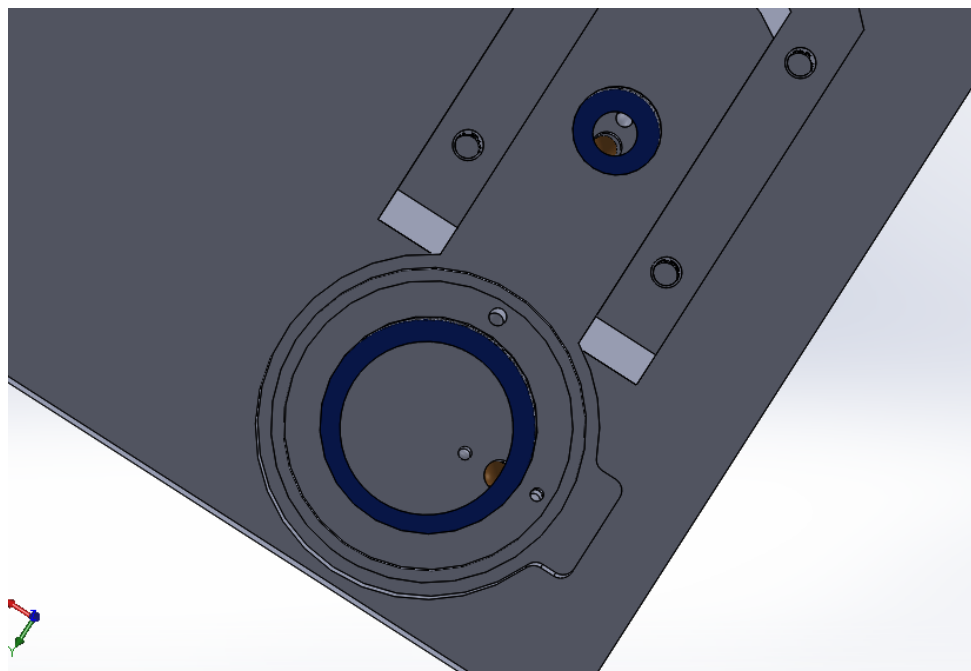


Figura 148. Colocación de las arandelas de las camisas

7.4. Juntas tóricas:

El uso de las juntas tóricas en nuestro gato hidráulico se va a hacer por dos motivos:

- Asegurar la estanqueidad de todo el sistema.
- Evitar pérdidas de presión durante el funcionamiento.

En el primer caso, se utilizará una junta tórica que se pondrá en el fondo de la base, de manera que tenga el mismo diámetro que la carcasa, así que, de esta manera, al poner la carcasa en su encaje dentro de la base, quedará todo el sistema protegido de posibles fugas del líquido.

Se utilizarán junta de la marca Techné, ya que proporciona una gran variedad de productos y dimensiones que se puedan adaptar a cualquier diseño.

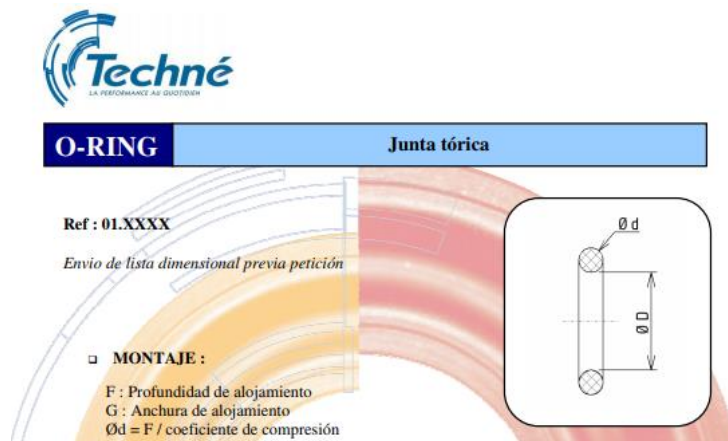


Figura 149. Elección de las juntas tóricas

En nuestro caso, se dispone de un encaje de diámetro exterior de $\varnothing 71$, por lo tanto, se pondrá una junta de diámetro interior de $\varnothing 67$ y un diámetro de sección de 2mm.

Una vez montada la junta, queda como se muestra en seguida:

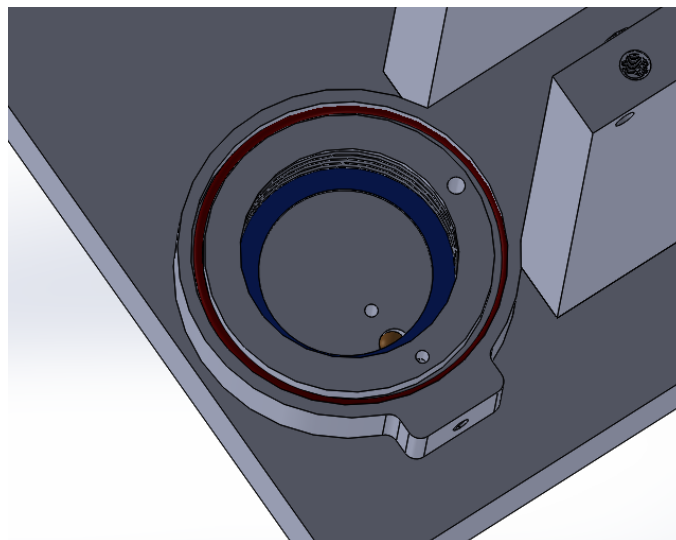


Figura 150. Colocación de la junta tóricas en el encaje de la carcasa

Para que la junta trabaje bien y que asegure la estanqueidad de manera satisfactoria, se tiene que adaptar la carcasa a la junta. Para llevar a cabo esta operación, en el extremo de la carcasa

que está en contacto con la junta, se redondea por el exterior, se monta junto con la junta y la base y queda como se muestra a continuación.

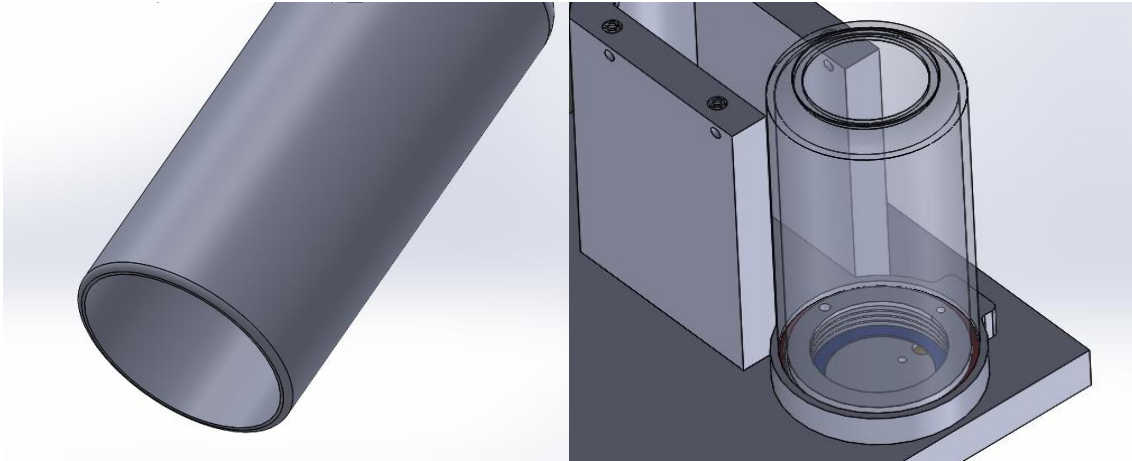


Figura 151. Adaptación y colocación de la carcasa

Otros elementos que se tendrá que poner juntas tóricas, serán los dos pistones, tanto el principal como el secundario. En este caso, la junta asegurará que no se pierda presión durante el funcionamiento del gato hidráulico y así evitar cualquier accidente o mal manejo del gato hidráulico.

En los dos pistones se utilizarán juntas tóricas del mismo fabricante que en el anterior caso, y serán de diámetros $\varnothing 11$ y $\varnothing 41$, ya que los diámetros de los dos pistones son 15 y 45 respectivamente y se resta la profundidad del encaje. El diámetro de sección de la junta, en este caso será de 4mm para el pistón principal y de 3mm para el secundario.

Para su encaje en los pistones, se mecanizan unos alojamientos de profundidad de 2mm para el pistón principal y de 1.5mm en el pistón secundario.

A demás del encaje de 2mm y 1.5mm de profundidad para las juntas, se redondean los extremos de los dos pistones para facilitar su montaje.

una vez hechos los encajes, los dos pistones quedan como se muestra en la siguiente figura:

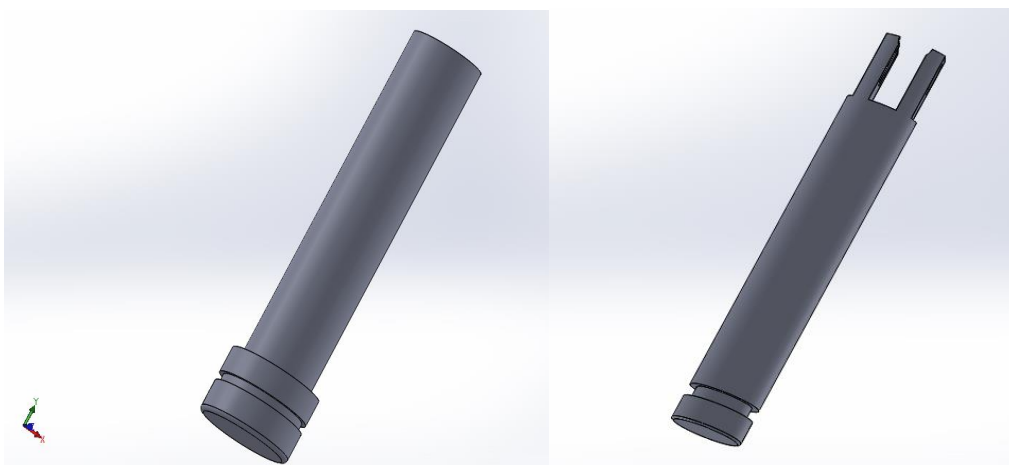


Figura 152. Mecanización del alojamiento de las juntas tóricas en los pistones

Una vez montadas las juntas en los pistones, queda como se muestra en la siguiente figura:

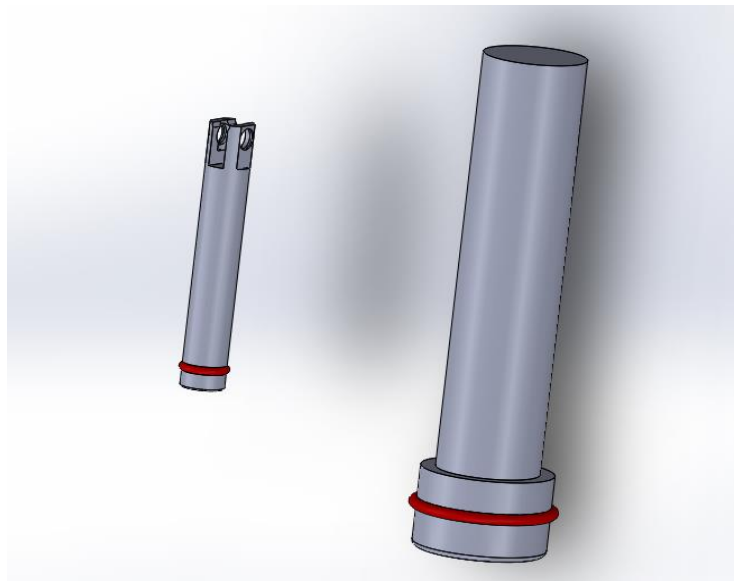


Figura 153. Montaje de las juntas tóricas en los pistones

7.5. Actualización de la base:

Con todos los elementos del gato hidráulico definidos completamente, se procede a modificar la base y hacer los últimos toques para que se adapte a las últimas modificaciones realizadas.

Básicamente, se modifica la superficie total de la base, con el objetivo de que, el motor y sus sistemas auxiliares, queden sobre la base, ya que el motor está apoyado sobre ella.

Otras modificaciones, es el redondeo de aristas e intentar no dejar aristas vivas.

El aspecto final de la base es el siguiente:

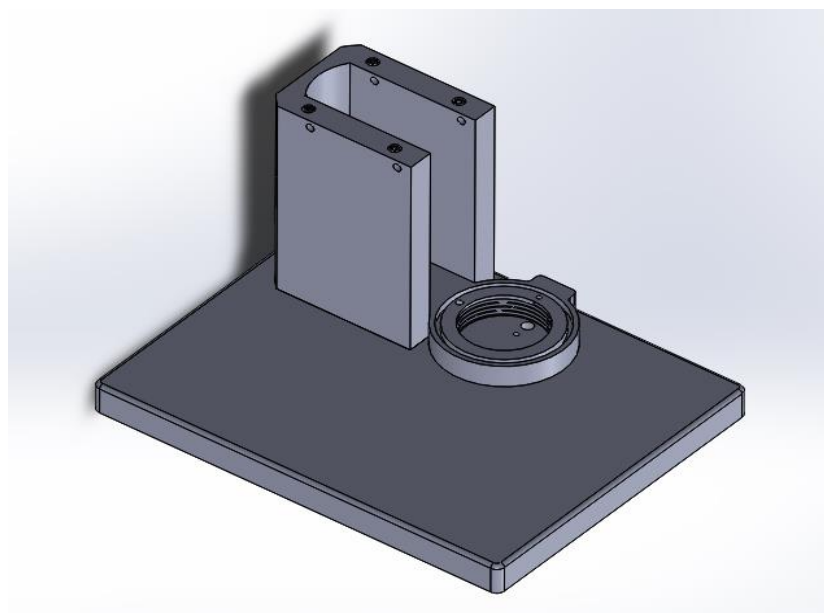


Figura 154. Actualización de la base

CAPÍTULO 8: SIMULACIONES Y ASIGNACIÓN DE MATERIALES

8.1. Simulación con elementos finitos de componentes críticos:

Hasta ahora, sólo se ha hecho una simulación con elementos finitos, y era para elegir entre las dos opciones de biela que teníamos. Además de la biela, existen otros elementos que pueden llegar a ser críticos y, por lo tanto, conviene realizar unas simulaciones para prevenir y comprobar el buen funcionamiento y resistencia de estos componentes.

Entre los componentes que más pueden llegar a sufrir, están los dos pasadores utilizados en la unión de la biela, tanto con el pistón secundario como con el cigüeñal. Son elementos de dimensiones pequeñas y por lo tanto es muy importante comprobar su resistencia mediante una simulación de elementos finitos.

Además de los pasadores, otra pieza que se puede considerar crítica es el pistón secundario, así que, se procede a hacer unas simulaciones de estos componentes, sabiendo que la fuerza de reacción que se produce en estas uniones es de 1460N, calculada en apartados anteriores.

8.1.1. Pasador unión Biela-Pistón secundario:

Como en cualquier simulación con elementos finitos, lo primero que se define es el material, en este caso, el material que utiliza en la fabricación de estos pasadores es el acero A2, o también el denominado AISI 304 y que algunas de sus características se muestran a continuación:

Propiedad	Valor	Unidades
Módulo elástico	1.9e+011	N/m ²
Coefficiente de Poisson	0.29	N/D
Módulo cortante	7.5e+010	N/m ²
Densidad de masa	8000	kg/m ³
Límite de tracción	517017000	N/m ²
Límite de compresión		N/m ²
Límite elástico	206807000	N/m ²
Coefficiente de expansión térmica	1.8e-005	/K

Tabla 5. Propiedades del acero AISI

El análisis que se va a realizar será estático, y de esta forma también, se podrá obtener un factor de seguridad.

Una vez aplicado el material, se definen las sujeciones fijas del pasador en sus extremos como se muestra en la siguiente figura:

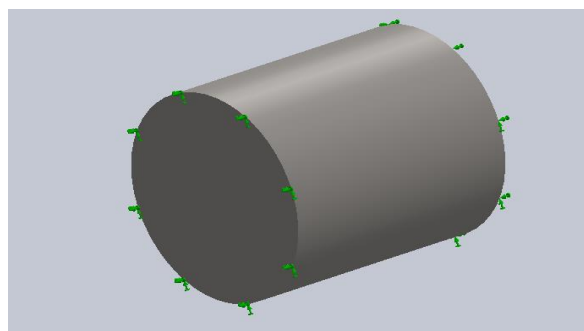


Figura 155. Restricción fija del pasador

A continuació, se aplica la força de reacció de 1460N, com ja se ha comentat, sobre el cos del pasador i amb direcció com se mostra en la figura:

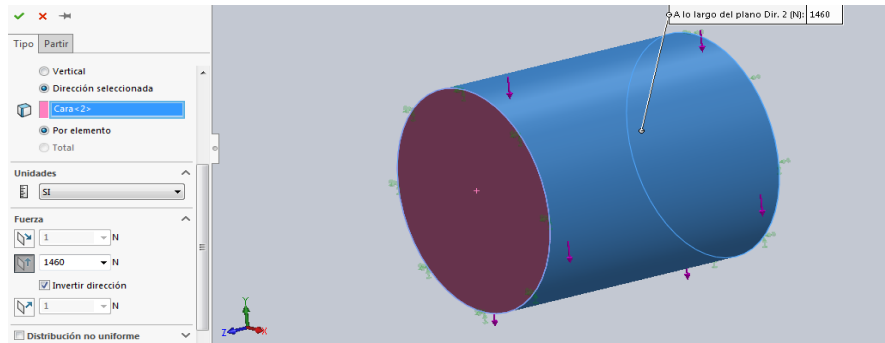


Figura 156. Aplicación de la fuerza en la cara del pasador

Por último, se hace el mallado y se ejecuta para hacer el cálculo.

Se obtienen los resultados siguientes:

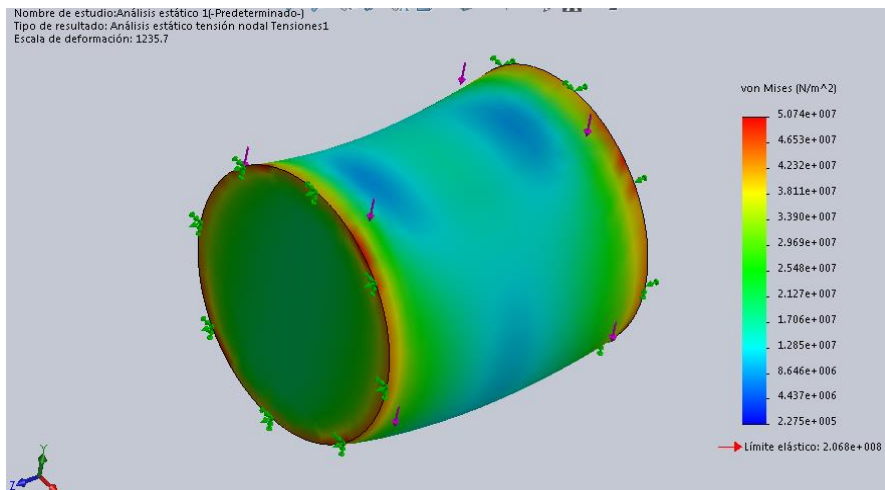


Figura 157. Resultados tensiones de Von Mises

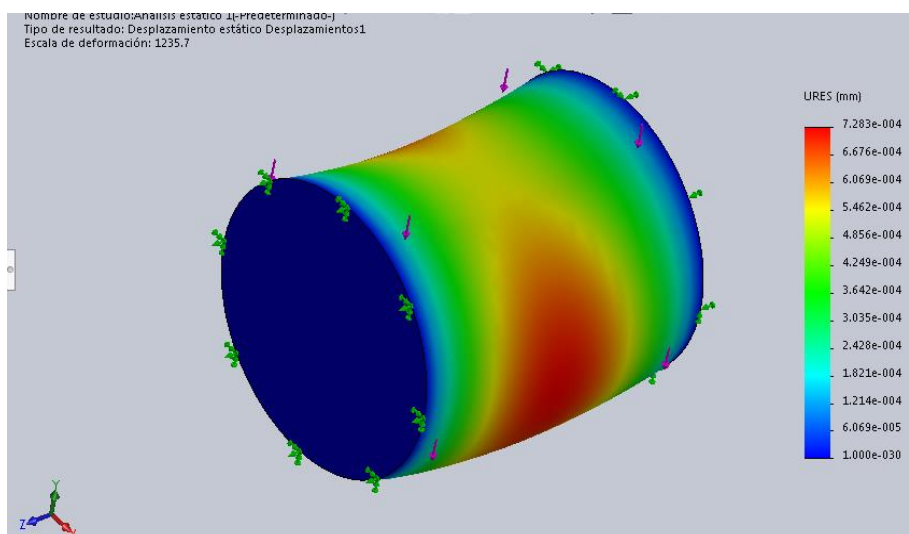


Figura 158. Resultados de desplazamientos

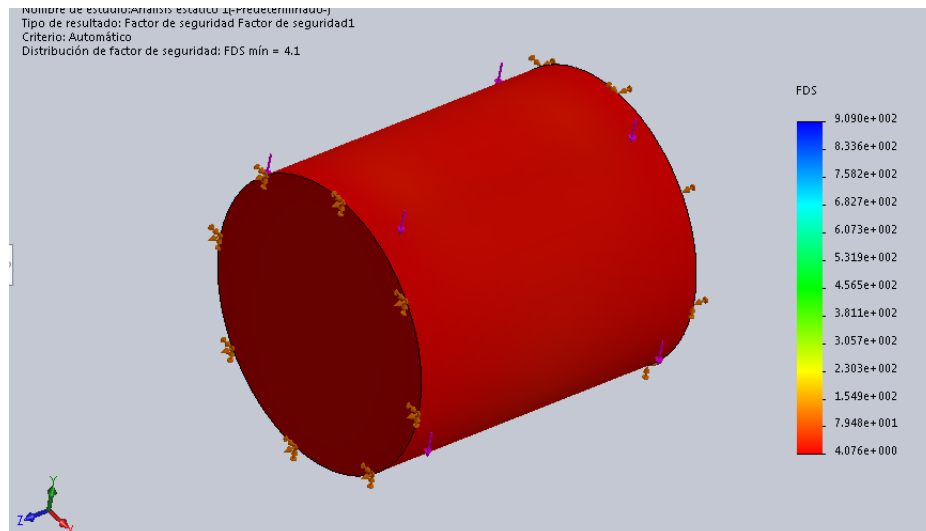


Figura 159. Factor de seguridad

En los resultados se observa como el pasador no sufre ninguna deformación plástica, ya que la tensión de Von Mises máxima que se registra es de 50 MPa mientras que el límite elástico del material utilizado es de 207MPa aproximadamente.

En cuanto al factor de seguridad, según los resultados, alcanza 4.1, por lo tanto, se puede considerar que la pieza funcionará en condiciones óptimas y no sufrirá ningún daño.

8.1.2. Pasador unión Biela-Cigüeñal:

En el caso del pasador que se utiliza en la unión entre la biela y el cigüeñal, la simulación que se va a hacer es prácticamente la misma que en el caso anterior, ya que se utiliza el mismo material y en los cálculos se ha observado que se produce la misma fuerza de reacción.

Una vez hechos todos los procedimientos como en el caso anterior, se obtienen los resultados siguientes:

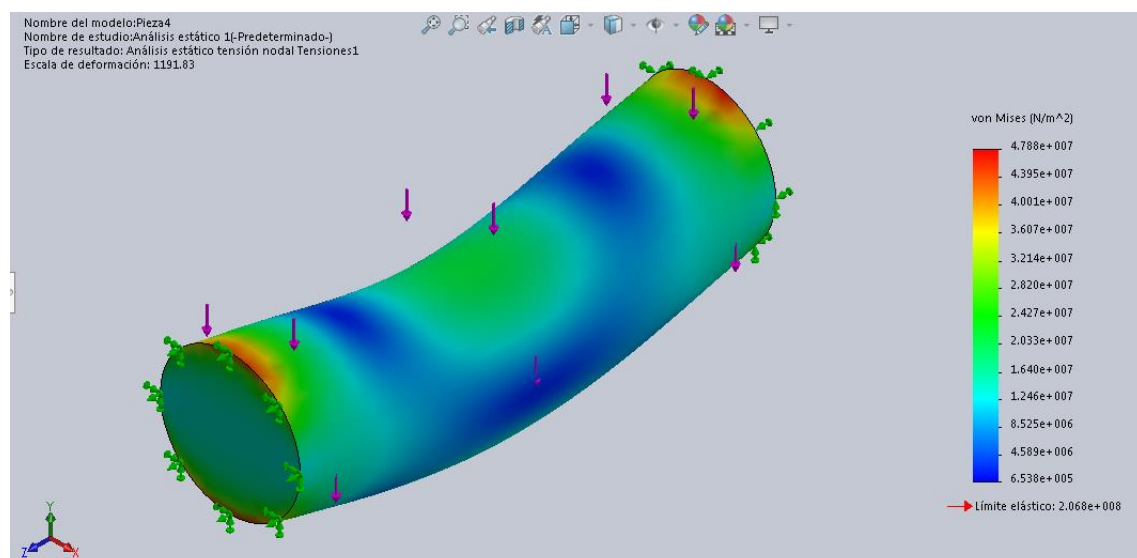


Figura 160. Resultados de tensiones de Von Mises

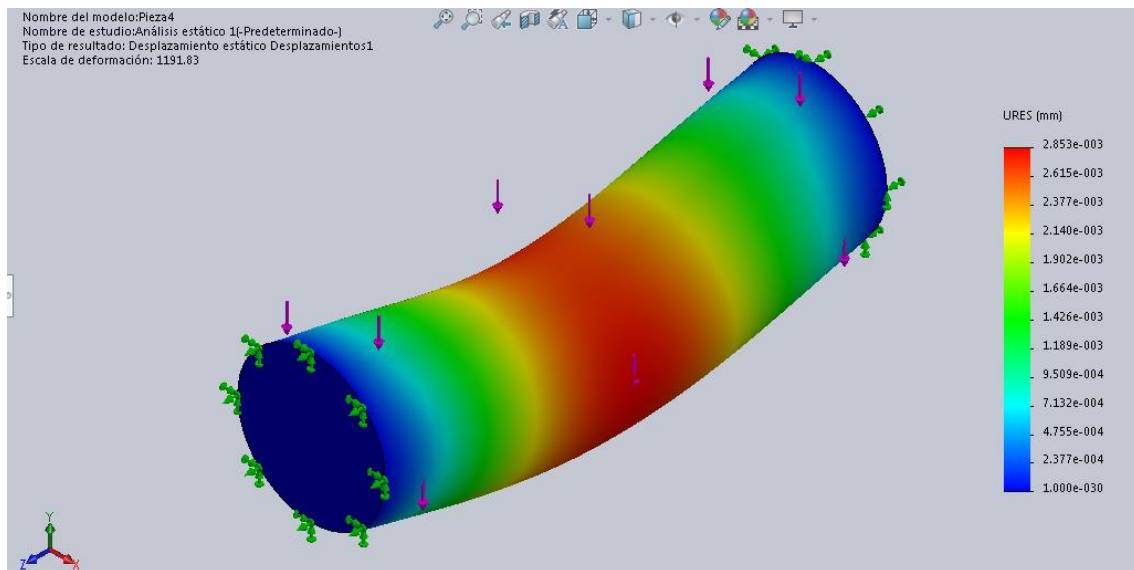


Figura 161. Resultados de desplazamientos

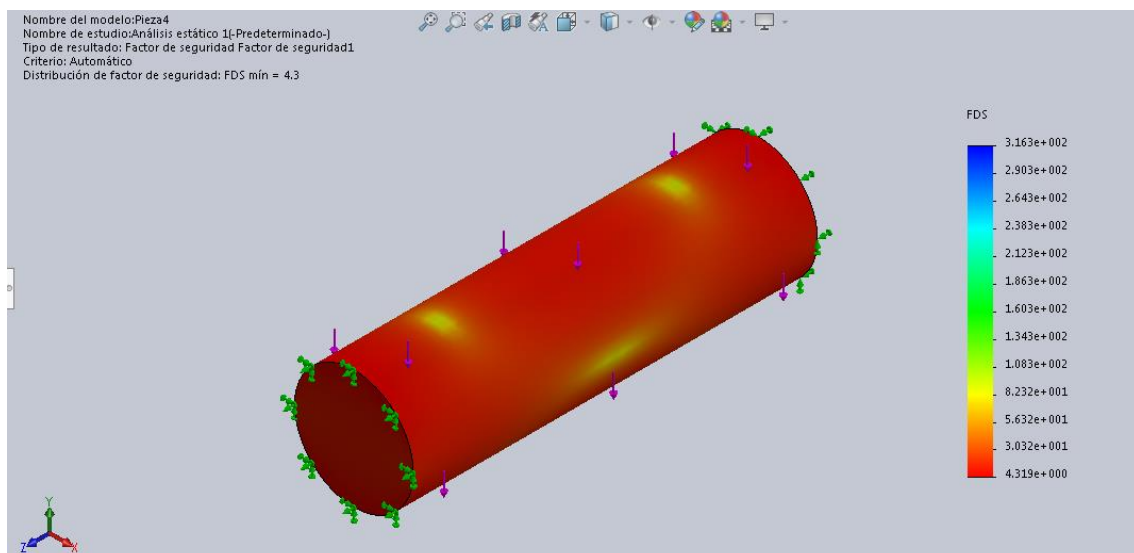


Figura 162. Resultados del factor de seguridad

En los resultados se observa que el pasador no llega al límite elástico en ningún momento según las tensiones de Von Mises y, por lo tanto, se puede afirmar que el componente, como en el caso anterior, no sufrirá ningún daño durante su funcionamiento. El factor de seguridad en este caso llega hasta 4.3, todavía mayor al pasador anterior, gracias a las dimensiones que presenta.

8.1.3. Pistón secundario:

otro de los elementos que pueden considerarse críticos, ya que durante su funcionamiento y teniendo en cuenta sus dimensiones, pueden llegar a sufrir deformaciones o no funcionar de manera óptima, lo que hace importante realizar una simulación que, en este caso, será estática.

Antes de proceder a la realización del proceso del estudio, se define el material que será como en el caso de los pasadores, será un acero AISI 304, ya que presenta características suficientes como para cumplir con los requisitos y propiedades que necesita la pieza.

La sujeción fija del elemento se hace en el alojamiento del pasador anterior, y queda como se muestra en la figura:

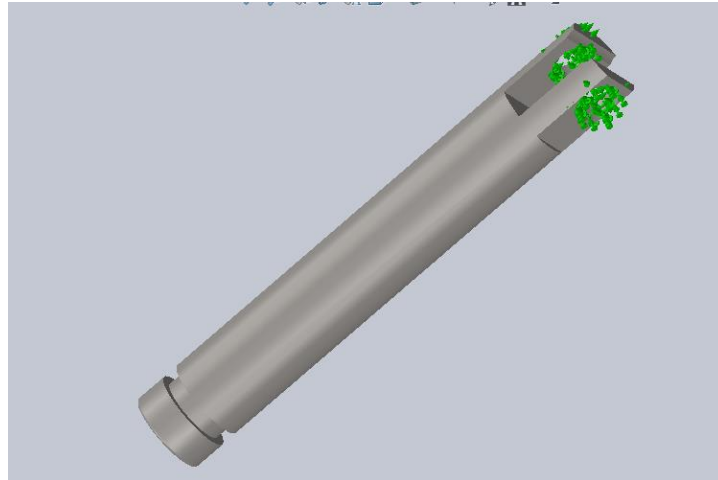


Figura 163. Restricción fija en el pistón secundario

En cuanto a la fuerza aplicada, en este caso, se aplica una fuerza de 1090N, ya que es la resultante al fijar una carga del gato hidráulico de 1000Kg. 1090N una fuerza calculada en apartados anteriores. La zona de aplicación es en la cara del pistón, ya que los 1090N solo se producen durante la etapa de impulsión, de manera que se produce una compresión en el pistón.

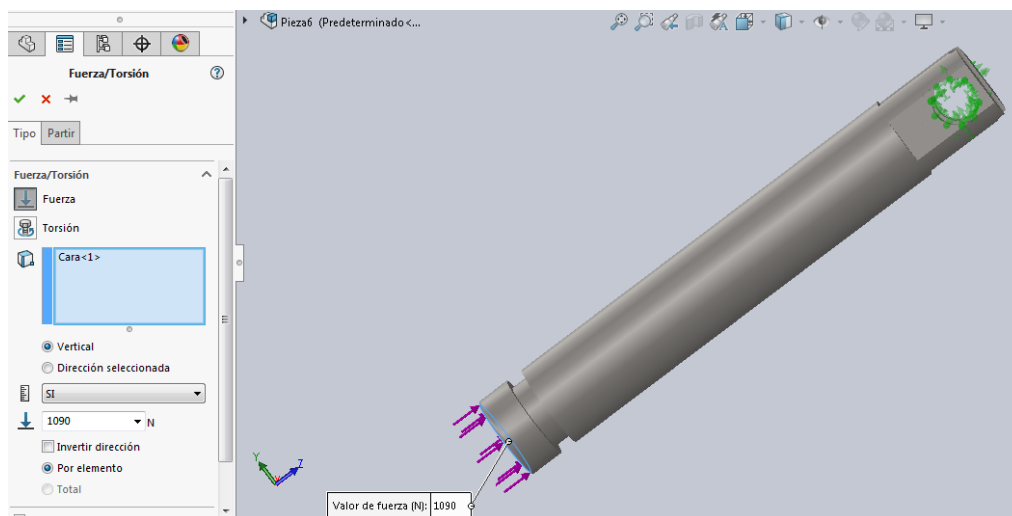


Figura 164. Aplicación de la fuerza en la cara del pistón secundario

Por último, se hace el mallado y se ejecuta el cálculo obteniendo los resultados siguientes:

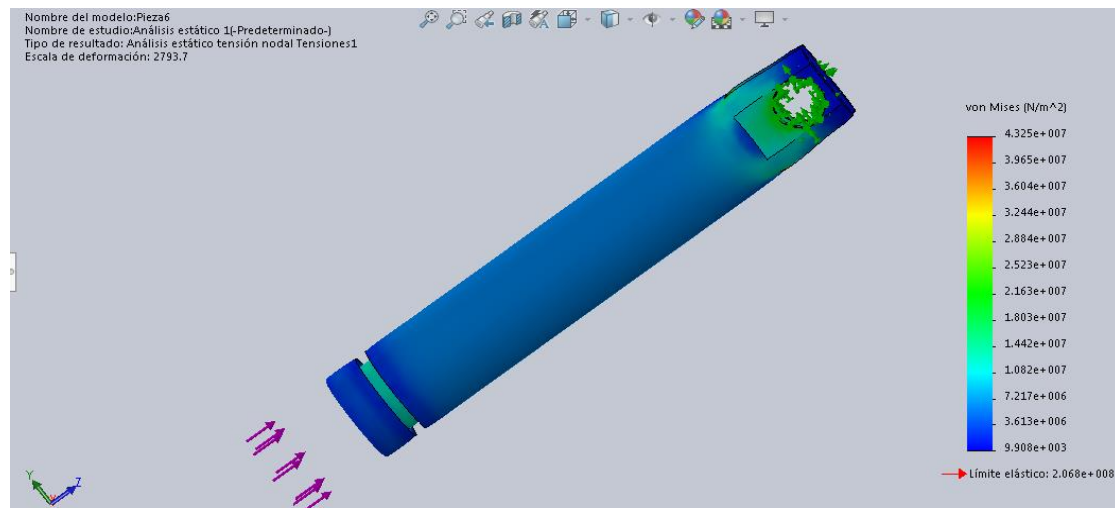


Figura 165. Resultados de las tensiones de Von Mises

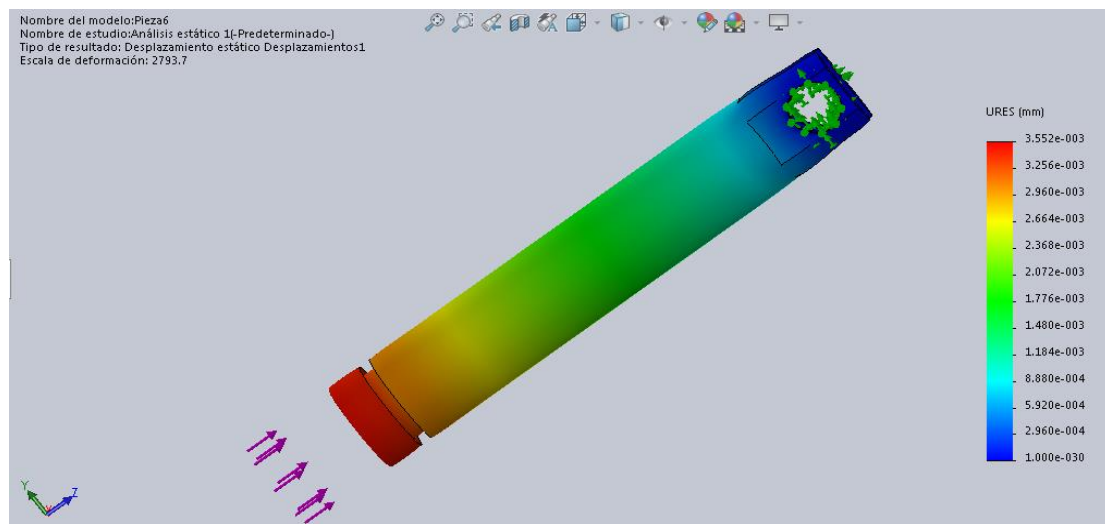


Figura 166. Resultados de desplazamientos

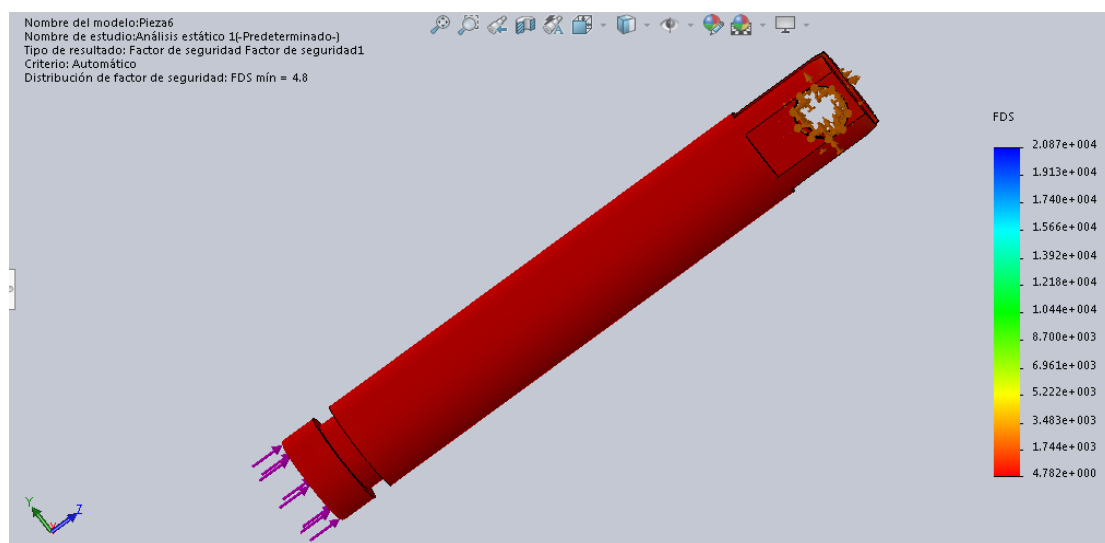


Figura 167. Resultados factor de seguridad

En los resultados se observa que la tensión máxima registrada es de 43MPa, mientras que el límite elástico del material es de 207MPa, lo que confirma que en el pistón secundario no se produciría ninguna deformación plástica durante el funcionamiento del gato hidráulico.

En cuanto al factor de seguridad, se obtiene un buen valor de 4.8.

8.2. Asignación de materiales a los componentes otros más importantes:

Para llevar a cabo este proyecto, es importante definir los materiales que se van a utilizar en la fabricación de los elementos más importantes y los que más sufren. Determinar los materiales de los componentes es importante, ya que para realizar cualquier simulación es un dato necesario, y posteriormente, a la hora de elaborar el presupuesto, depende del material, el precio de los componentes variará. A continuación, se detallarán los materiales utilizados en la fabricación de algunos de los componentes:

8.2.1. La carcasa:

La carcasa es un elemento que no está dispuesto a ningún esfuerzo ni tensión que pueda perjudicarla, ya que, su función es hacer de depósito para el líquido, de manera que lo acumula hasta que se requiera de su utilización durante el funcionamiento del gato hidráulico. El factor que puede afectar al componente es la oxidación, ya que los líquidos utilizados en estos gatos hidráulicos, pueden llegar a ser muy corrosivos.

Para evitar la oxidación y la deterioración del componente, se opta por la utilización de una chapa inoxidable **AISI-316** de 3mm.

8.2.2. La base:

La base es uno de los elementos más importantes del gato hidráulico, ya que es el componente que alberga todas las otras piezas, y en cuanto a dimensiones y peso, será el más grande. En aplicación similares, para fabricar este tipo de componentes, se utilizan fundiciones de hierro, gracias a su bajo coste y facilidad de fabricación. En nuestro caso, es una pieza que tendrá varios mecanizados, por lo tanto, la mejor opción es la de fundición gris gracias a la facilidad de mecanización que presenta este tipo de fundiciones entre otras ventajas.

8.2.3. El cigüeñal:

El cigüeñal es uno de los componentes críticos e importantes de nuestro gato hidráulico, por lo tanto, es necesario que se fabrique de materiales que aseguren el buen funcionamiento y eviten la producción de problemas.

El material que más se utiliza en la fabricación de los cigüeñales es el acero al carbono. En casos especiales, se utilizan otros tipos de acero al cromo o al níquel.

Para el cigüeñal de nuestro gato hidráulico, se va a utilizar el acero al carbono del grupo F-110.

8.2.4. Piñones:

Los dos piñones existentes, se usan en la versión de gato hidráulico motorizado. Para la fabricación de estos elementos, se puede utilizar un acero del grupo F-150, ya que son aceros para cementar, un tratamiento que se le aplicaría a nuestros piñones para proporcionarles más dureza y resistencia al desgaste.



8.2.5. Soporte motor:

En cuanto al soporte motor, un elemento donde irá fijado el motor, en su fabricación se utilizará un acero inoxidable AISI 304.

8.2.6. Resumen materiales utilizados:

<u>Componente:</u>	<u>Material:</u>
La base	Fundición de hierro
Las camisas	Acero para recipientes P355GH
Pistón principal	Acero ST37
Pistón secundario	Acero inoxidable AISI 304
Carcasa	Acero inoxidable AISI 316
Tuerca de cierre	Fundición de acero
Biela	Acero normalizado AISI 4330
Cigüeñal	Acero al carbono F-110
Pasadores	Acero inoxidable AISI 304
Piñones	Acero para cementación F-150
Casquillos	Acero templado
Arandelas de camisas	Acero EN 1.7182
Soporte motor	Acero inoxidable AISI 304
Tapas de protección	Plástico PVC
Manivela	Acero inoxidable EN 1.4301
Adaptador manivela	Acero templado

Tabla 6. Resumen de los materiales utilizados

CAPÍTULO 9: PRESUPUESTOS

En este capítulo, se hará un estudio económico de todo el proyecto llevado a cabo. El estudio se dividirá en dos partes, el coste del diseño de las dos versiones del gato hidráulico y el coste de los materiales y la fabricación de los dos gatos hidráulico.

En la primera parte, se hará un estudio completo de todo el coste invertido en horas de diseño, búsqueda de información, realización de cálculos, programas utilizados, recursos, documentación, realización de planos, etc... El presupuesto de esta parte será compartido tanto por el gato hidráulico accionado manualmente, como la versión motorizada.

En cuanto a la segunda parte, se precisarán todos los gastos que se necesitarían para llevar a cabo la realización del proyecto. Costes que pueden ir desde los precios de materia prima, hasta los gastos de fabricación de todos los elementos del gato hidráulico. En este caso, se harán dos presupuestos, uno para el gato hidráulico accionado manualmente y otro para la versión con motor.

9.1. Diseño y documentación del gato hidráulico:

El diseño del gato hidráulico y el estudio previo que se ha llevado a cabo ha durado 2 meses aproximadamente, 64 días, con una media de 3,5 horas diarias de estudio y diseño, por lo tanto, el total de horas invertidas en estudio y diseño es de 224 horas. Si se cuenta un precio de 20 euros por hora, el coste total sería de 4480 €.

La documentación del proyecto consiste en la redacción de todos los pasos realizados en la elaboración del proyecto, y también la realización de los planos. La duración de estas tareas ha sido de un mes aproximadamente, con una media de 3 horas diarias. El coste de estas tareas es de unos 18 €, ya que la realización de los planos es un trabajo que solo se hace por personal cualificado. Por lo tanto, el coste total es de 1620 €.

De los materiales utilizadas para realizar las tareas del apartado anterior, el ordenador es una pieza importante ya que, en este caso, se compró exclusivamente para la realización de este proyecto por un coste de 350 euros.

En cuanto a los programas utilizados, el más importante es el programa de diseño SolidWorks2017. El precio de la obtención de una licencia de SolidWorks Standard es de 6600€ además de un servicio anual de 1500 €, si se divide el precio total anual sobre las horas de un año, resulta que el precio unitario del programa es de 0,92 €/h. sabiendo que se ha utilizado el programa, tanto en la fase de diseño como en la fase de documentación, con un total de 314 horas, el coste del programa asciende a 290,34 €.

Por último, se ha utilizado el programa Microsoft Office durante la documentación de todo el proyecto, el coste de adquisición de 176 €, suponiendo una durabilidad de 4 años, el precio por horas del programa es de 0,00502 €/h. el programa se ha utilizado en un total de 100 horas aproximadamente, el precio total de la utilización del programa es de 0,502 €.

	Precio (€)
Estudio y diseño	4480 €
Documentación	1620 €
Ordenador	350 €
SolidWorks	290,34 €
Microsoft Office	0,502 €
Subtotal	6740,84 €
IVA (21%)	1415,58 €
Total	8156,42 €

Tabla 7. Presupuesto del diseño y documentación

El coste total de esta parte sube a **8156,42** aplicando el IVA de 21%.

9.2. Coste de los componentes:

Como ya se ha comentado anteriormente, en esta parte de presupuesto, se estimarán los precios de todos los componentes, tanto los que se compran como los que se fabrican. Se hará en dos partes ya que, al disponer de dos versiones de gatos hidráulicos, alguno tendrá más componentes que otro.

En cuanto a los componentes que se fabrican, se estimarán los precios en función del coste del material o la materia prima, y el coste de la mecanización que se ha decidido fijar en 30 € como precio medio. En la tabla siguiente se detallan todos los componentes fabricados:

<u>Componente:</u>	<u>Precio materia prima (€)</u>	<u>Tiempo invertido en mecanización (h)</u>	<u>Coste unitario (€)</u>
La base	10	1	300
Las camisas	5	0,75	112,5
Pistón principal	3	0,5	45
Pistón secundario	2	0,5	30
Carcasa	2	0,5	30
Tuerca de cierre	2	0,75	45
Biela y cigüeñal	5	1	150
Pasadores	2	0,25	15
Piñones	1,5	1,5	67,5
Casquillos	1	0,5	15
Arandelas de camisas	1	0,25	7,5
Soporte motor	1,5	0,75	33,75
Manivela	2	1	60
Adaptador manivela	1	0,5	15

Tabla 8. Precios de los componentes fabricados



A continuación, se desarrollan los presupuestos de las dos versiones del gato hidráulico de manera aproximada.

9.2.1. Gato hidráulico accionado manualmente:

Componente	Cantidad	Coste unitario (€)	Coste total (€)
La base	1	300	300
Camisa principal	1	56,25	56,25
Camisa secundaria	1	56,25	56,25
Pistón principal	1	45	45
Pistón secundario	1	30	30
Tuerca cierre	1	45	45
Carcasa	1	30	30
Tornillo vaciado	1	1,40	1,4
Juntas tóricas	3	0,52	1,56
Pasadores	2	15	30
Biela	1	75	75
Cigüeñal	1	75	75
Casquillo pistón secundario	1	15	15
Rodamiento agujas	1	7	7
Anillos de seguridad	2	0,78	1,56
Cajera con rodamientos	2	6	12
Tornillos DIN 6921 M6	4	0,2	0,8
Manivela	1	60	60
Adaptador manivela	1	15	15
Tapa protección	1	30	30
Tornillos DIN 912 M6	4	0,07	0,28
Arandelas DIN 9021 M6	4	0,3	1,2
Arandelas camisas	2	7,5	15
Chaveta cigüeñal	1	1,06	1,06
Bolas antirretorno	2	0,022	0,044
Coste total: 904,404 €			

Tabla 9. Presupuesto gato hidráulico accionado manualmente



9.2.2. Gato hidráulico motorizado:

Componente	Cantidad	Coste unitario (€)	Coste total (€)
La base	1	300	300
Camisa principal	1	56,25	56,25
Camisa secundaria	1	56,25	56,25
Pistón principal	1	45	45
Pistón secundario	1	30	30
Tuerca cierre	1	45	45
Carcasa	1	30	30
Tornillo vaciado	1	1,4	1,4
Juntas tóricas	3	0,52	1,56
Pasadores	2	15	30
Biela	1	75	75
Cigüeñal	1	75	75
Casquillo pistón secundario	1	15	15
Rodamiento agujas	1	7	7
Anillos de seguridad	2	0,78	1,56
Cajeras con rodamientos	2	6	12
Tornillos DIN 6921 M6	4	0,2	0,8
Motor	1	167	167
Piñones	2	67,5	135
Tuercas KM	2	5,87	11,74
Cojinete con valona	1	1,28	1,28
Arandela eje motor	1	0,2	0,2
Soporte motor	1	33,75	33,75
Tornillos DIN 24018 M8	5	0,99	4,95
Tapa protección	1	30	30
Tornillos DIN 912 M6	3	0,07	0,21
Arandelas DIN 9021 M6	2	0,3	0,6
Chaveta cigüeñal	1	1,06	1,06
Chaveta Motor	1	1,06	1,06

Arandelas camisas	2	7,5	15
Bolas antirretorno	2	0,022	0,044
Arandelas DIN 6902 M8	5	0,35	1,75
Relés 12V	1	3,85	3,85
Fusibles	2	0,23	0,46
Pulsador	1	2,04	2,04
Pila 9V	1	2,86	2,86
Relé Arduino	1	2	2
Placa Arduino	1	13	13
Coste total: 1209,674 €			

Tabla 10. Presupuesto gato hidráulico motorizado



CAPÍTULO 10: CONCLUSIONES

El objetivo principal de este trabajo de fin de grado era el estudio y el diseño de un gato hidráulico de botella con accionamiento rotatorio, ya que todos los gatos hidráulicos de este tipo, disponibles en el mercado, son accionados linealmente. Por lo tanto, se ha querido estudiar alternativas a este mecanismo y buscar el porqué de la exclusividad de este mecanismo.

Se han estudiado dos alternativas, una manual y la otra utilizando un motor eléctrico de corriente continua. Las dos versiones diseñadas tienen ventajas y, obviamente, inconvenientes.

La primera versión donde se ha utilizado una manivela manual, la gran ventaja que tiene es que el accionamiento puede llegar a ser rápido, ya que depende de la persona y la velocidad que le da al accionar la manivela. Se podría considerar que la velocidad de accionamiento de este tipo es igual a la de un gato hidráulico con accionamiento lineal. Por otra parte, el inconveniente que tienen este tipo de gatos hidráulicos, al ser manuales, se requiere una fuerza física para poder accionarlos y ponerlo en marcha.

En cuanto a la versión motorizada, se ha enfrentado a serios problemas a la hora de buscar un motor que proporcione el par requerido. Al tratarse de un motor de corriente continua, para conseguir un par elevado, se procede a hacer grandes reducciones, lo que hace que el motor sea lento y proporcione bajas revoluciones de salida. Por lo tanto, el mayor inconveniente de esta versión es la lentitud que presentaría. Mientras que, de las ventajas, destaca el nulo esfuerzo que sería requerido por el usuario, gracias al motor y el aprovechamiento de la batería del coche. Y como complemento, la utilización de una aplicación móvil para poner en marcha el gato hidráulico, supondría más comodidad al usuario.

Como respuesta a la pregunta formulada en el primer apartado, del porqué de la exclusividad en la utilización de un accionamiento lineal, se podría decir que, la fabricación de un gato hidráulico con accionamiento rotatorio supone más gastos y la utilización de más componentes que en el primer caso, y al ser una máquina que solo se utiliza en ocasiones puntuales, los fabricantes, y también los usuarios, creen que no se llegaría a amortizar una compra así por mucho que presente ventajas y comodidades al usuario.

Por último, en cuanto a las mejoras que se podrían aplicar a la versión motorizada, la más importante es la búsqueda de un motor que pueda proporcionar un elevado par, junto con una velocidad de salida notablemente mayor que la del motor utilizado en este proyecto.

CAPÍTULO 11: BIBLIOGRAFÍA

De la Torre, F. J., *El mundo de la física 2*. México: Editorial Progreso S. A, 2005. ISBN 970-641-406-1.

A Short History of The Hydraulic Jack. [En línea]. Public History. [Consulta: 12 Abril 2018].
Disponible en: <<http://publichistoryint.org/AShortHistoryofTheHydraulicJack>>

Bottle jack and method. [En línea]. Google Patents. [Consulta: 12 Abril 2018]. Disponible en:
<<https://patents.google.com/patent/US6027101>>

Pascal's law or the Principle of transmission of fluid-pressure. [En línea]. Chegg Study. [Consulta 12 Abril 2018]. Disponible en: <<http://www.chegg.com/homework-help/questions-and-answers/pascal-s-law-principle-transmission-fluid-pressure-states-pressure-exerted-anywhere-confin-q3033100>>

BOTTLE JACKS Specs & Prices PAGE. [En línea]. OTTO service. [Consulta: 13 Abril 2018].
Disponible en: <<http://www.hyjacks.com/H21.HTM>>

Recipientes a presión no sometidos a llama. [En línea]. Norma española. [Consulta: 20 Abril 2018]. Disponible en: <http://www-eng.lbl.gov/~shuman/NEXT/MATERIALS&COMPONENTS/Pressure_vessels/UNE-EN_13445-3%253D2010.pdf>

Mecanismo: el cigüeñal. [En línea]. Xunta de Galicia. [Consulta: 25 Abril 2018]. Disponible en: <https://www.edu.xunta.es/espazoAbalar/sites/espazoAbalar/files/datos/1464947673/contido/56_cigeal.html>

parametric bearing holder. [En línea]. [Consulta: 25 Abril 2018]. Disponible en:
<<https://www.thingiverse.com/thing:997455>>

Catálogo Rodavigo. [En línea]. Rodavigo. [Consulta: 25 Abril 2018]. Disponible en:
<<https://rodavigo.net/catalogos/LASIOM/07%20Transmisi%C3%B3n/LASIOM%2011%20Chavetas.pdf>>

Doga Drive Systems. [En línea]. Doga. [Consulta: 26 Abril 2018]. Disponible en:
<http://www.doga.es/assets/doga_drive_systems_17.pdf>

Accesorios para rodamientos. [En línea]. BGL Bertoloto & Grotta. [Consulta: 28 Abril 2018].
Disponible en: < https://www.bgl.com.br/catpdf/catalogo_espanhol_final.pdf>

Catálogo Bosch componentes eléctricos. [En línea]. Bosch Parts. [Consulta: 28 Abril 2018].
Disponible en:
<http://www.boschautopartes.mx/Cat%C3%A1logos/Documents/Cat%C3%A1logoElectr%C3%B3nico_Confort2014-2015.pdf>

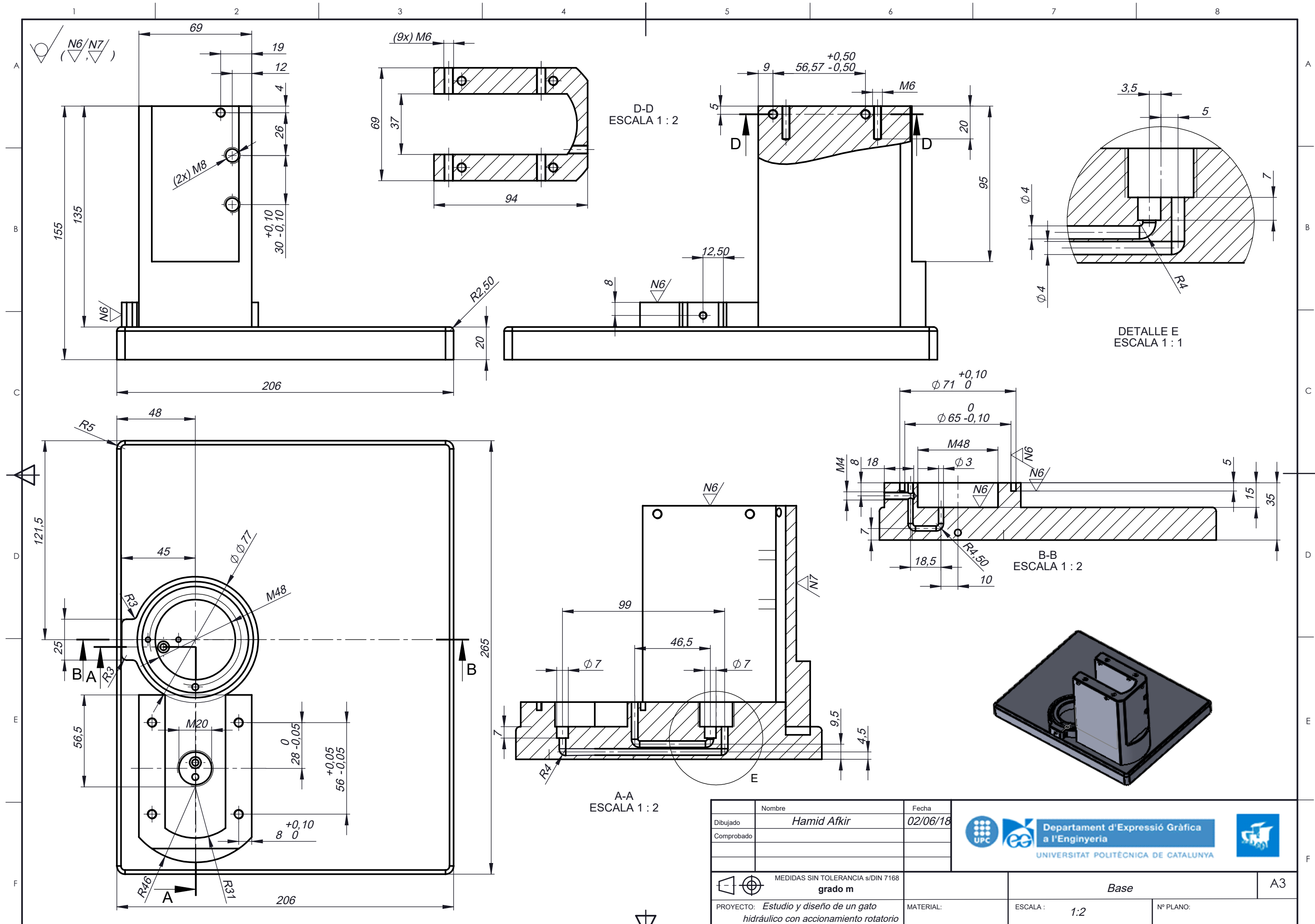
Componentes electrónicos. [En línea]. Cetronic. [Consulta: 29 Abril 2018]. Disponible en:
<<http://www.cetronic.es/sqlcommerce/disenos/plantilla1/seccion/producto/DetalleProducto.jsp?idIdioma=&idTienda=93&codProducto=999019251&cPath=1177>>

Características de Arduino. [En línea]. [Consulta: 30 Abril 2018]. Disponible en:
<<http://www3.gobiernodecanarias.org/medusa/ecoblog/ravgon/files/2013/05/Caracter%C3%ADsticas-Arduino.pdf>>

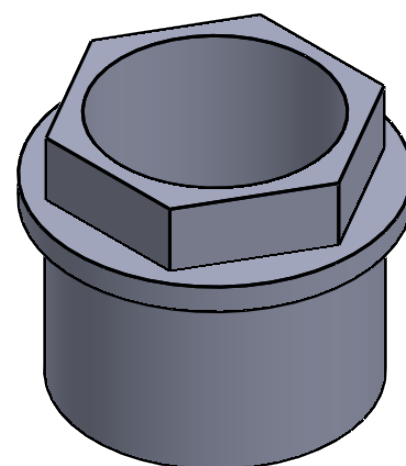
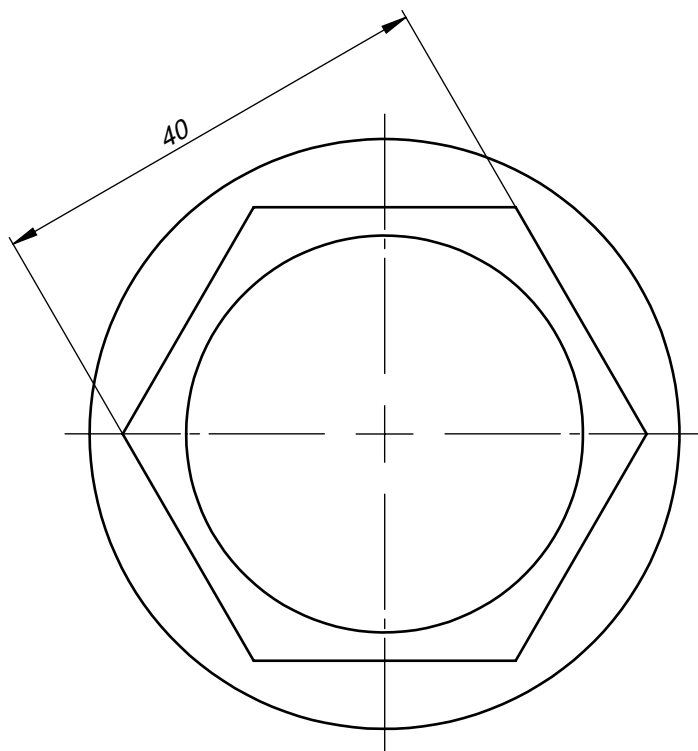
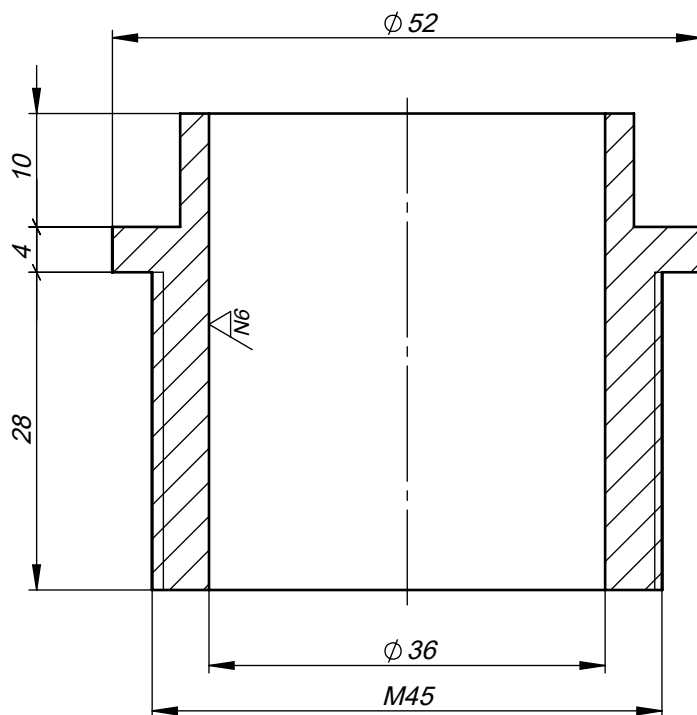
Global Bolts & Nuts. [En línea]. GBN. [Consulta: 1 Mayo 2018]. Disponible en:
<http://gbn.n.my/index.php?ws=showproducts&products_id=1532336&cat=Screws&subcat=Wing%20Screws>

Juntas tóricas. [En línea]. Techné. [Consulta: 3 Mayo 2018]. Disponible en:
<https://cdn.tracepartsonline.net/PartsDefs/Production/TECHNE/10-29082007-108786/Documents/O-RING_ES.pdf>

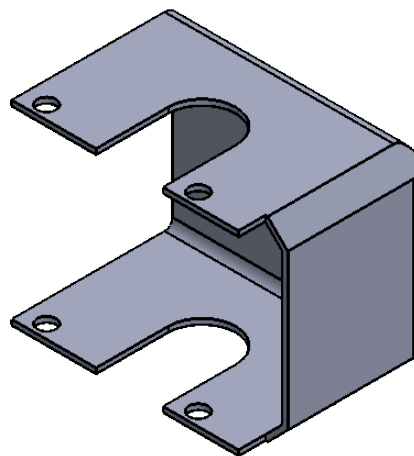
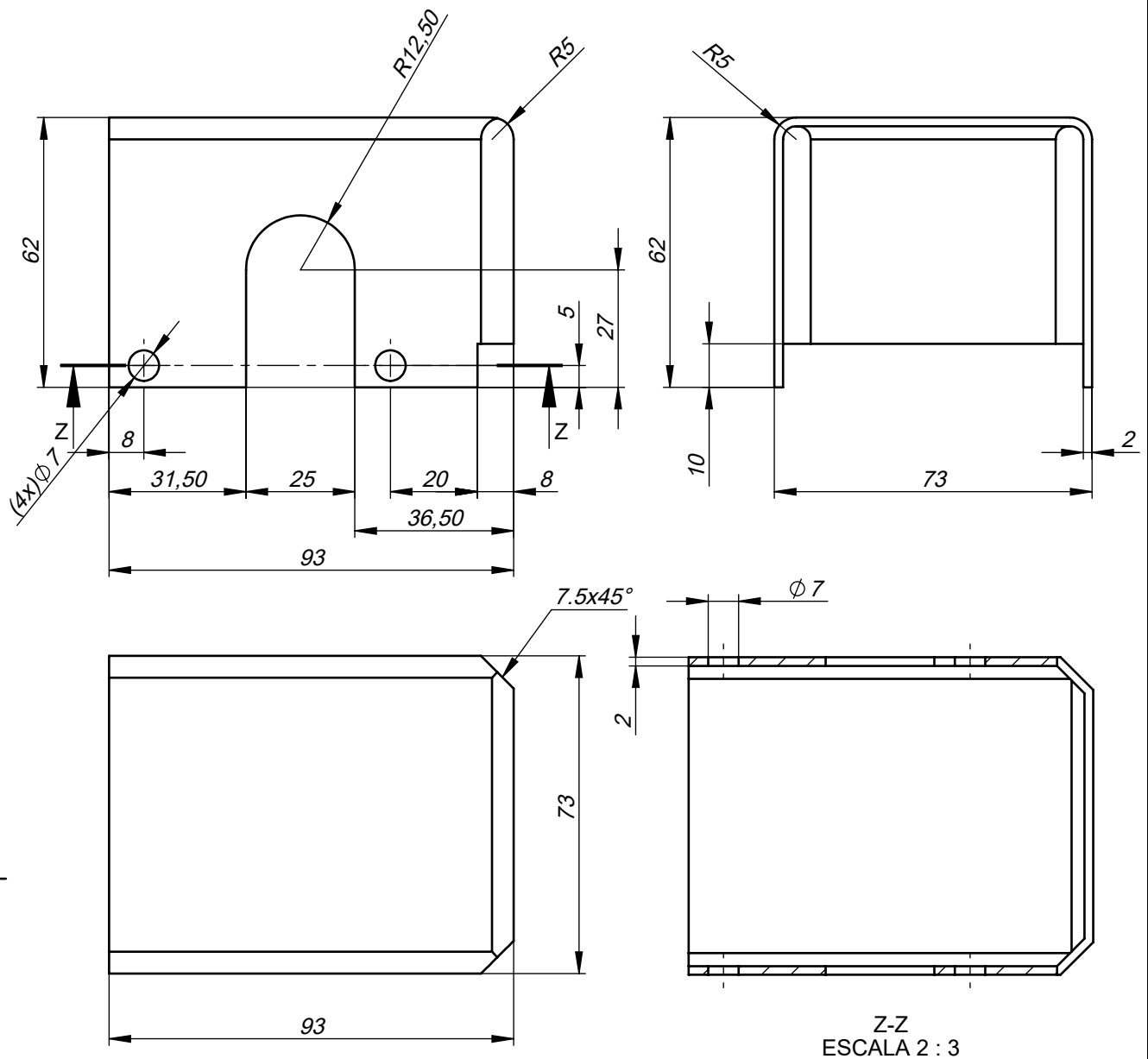
CAPÍTULO 12: PLANOS







	Nombre	Fecha	  Departament d'Expressió Gràfica a l'Enginyeria UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA 	
Dibujado	Hamid Afkir	02/06/18		
Comprobado				
 MEDIDAS SIN TOLERANCIA s/DIN 7168 grado m		Base		A3
PROYECTO: Estudio y diseño de un gato hidráulico con accionamiento rotatorio		MATERIAL:	ESCALA : 1:2	Nº PLANO:

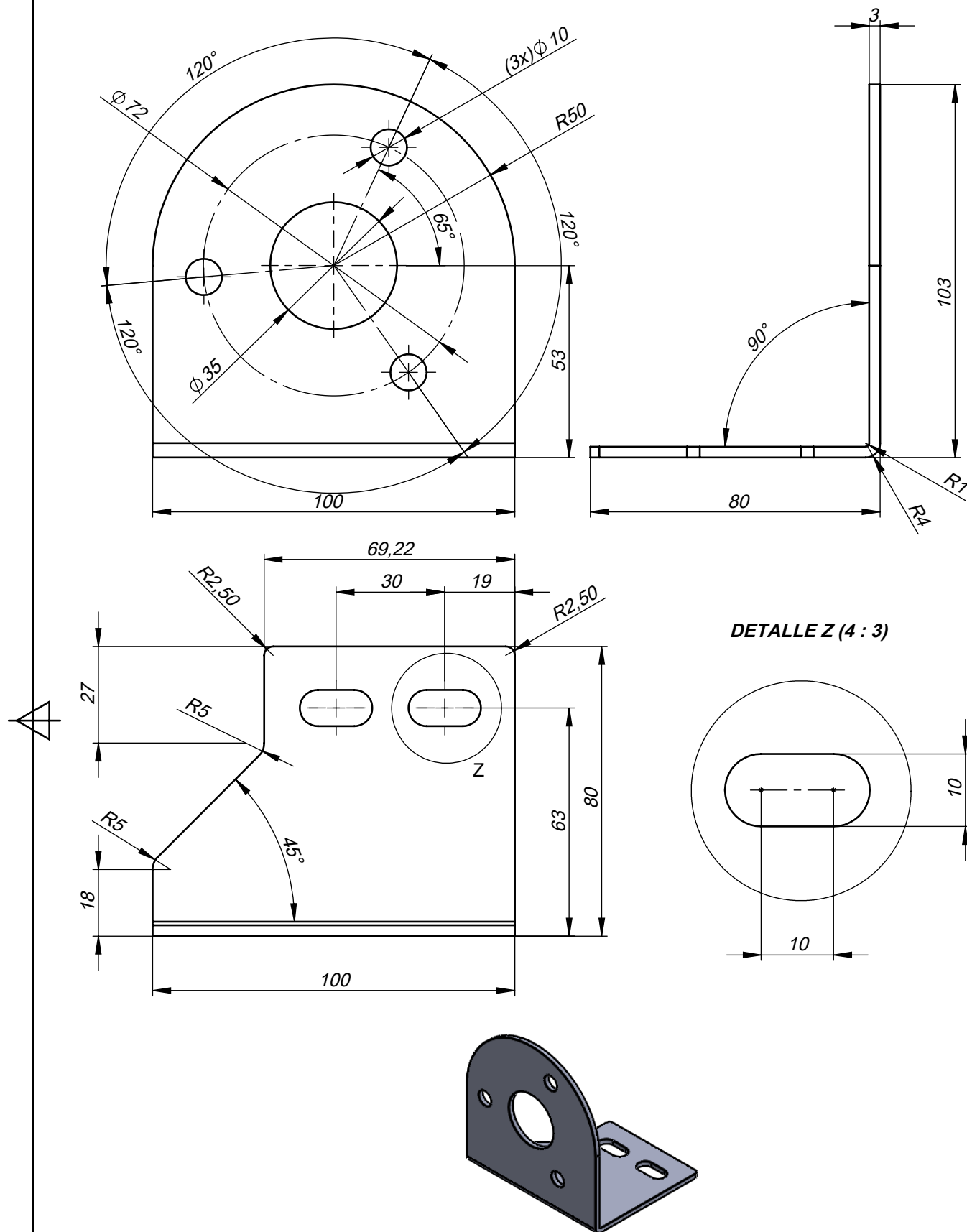


	Nombre	Fecha	  Departament d'Expressió Gràfica a l'Enginyeria UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA 		
Dibujado	Hamid Afkir	05/06/18			
Comprobado					
 MEDIDAS SIN TOLERANCIA s/DIN 7168 grado m			Tuerca de cierre		A4
PROYECTO: Estudio y diseño de un gato hidráulico con accionamiento rotatorio		MATERIAL:	ESCALA : 3:2	Nº PLANO:	



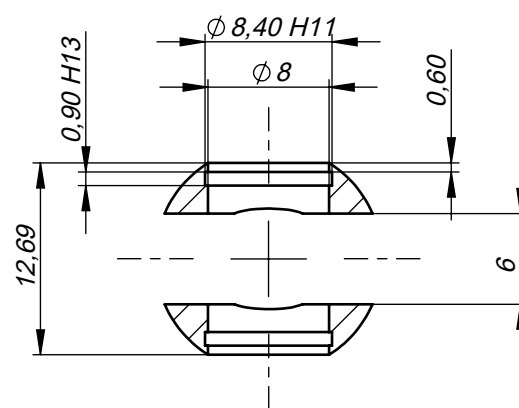
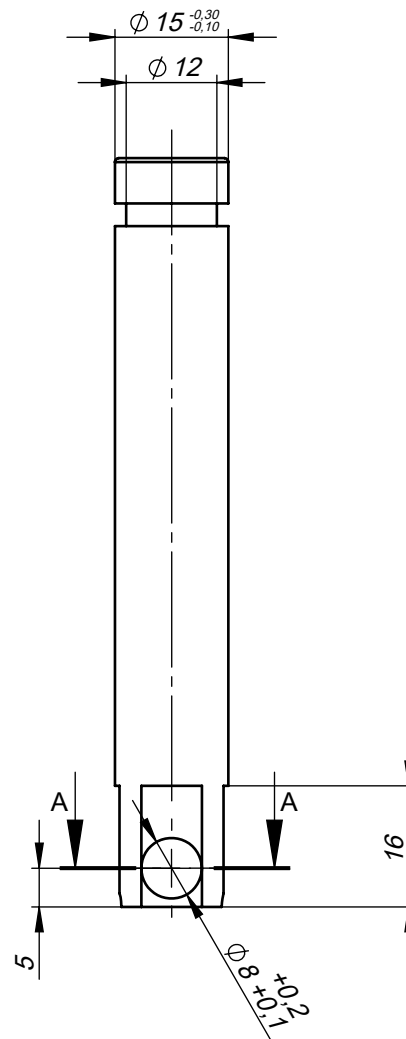
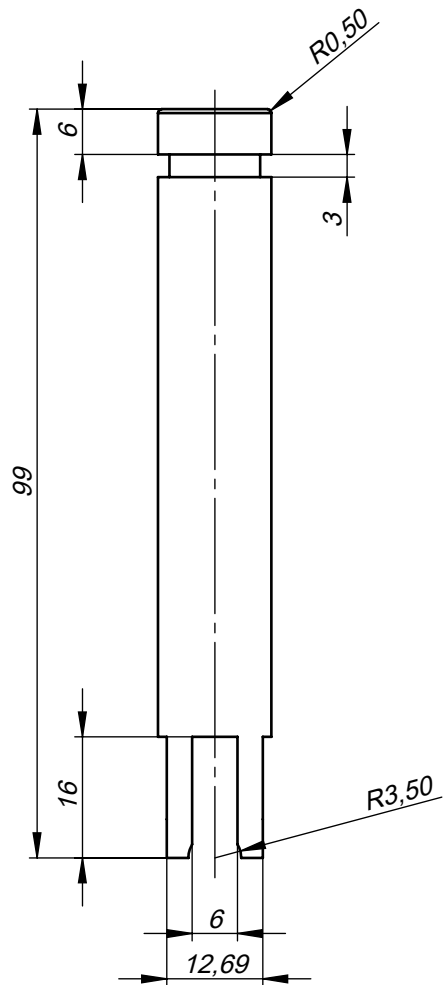
	Nombre	Fecha	  Departament d'Expressió Gràfica a l'Enginyeria UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA 	
Dibujado	Hamid Afkir	05/06/18		
Comprobado				
 MEDIDAS SIN TOLERANCIAS/DIN 7168 grado m			Tapa protectora (versión manual)	
PROYECTO: Estudio y diseño de un gato hidráulico con accionamiento rotatorio		MATERIAL:	ESCALA : 2:3	Nº PLANO:

A4

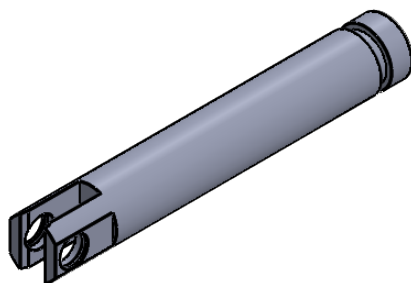


	Nombre	Fecha	  Departament d'Expressió Gràfica a l'Enginyeria UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA 		
Dibujado	Hamid Afkir	05/06/18			
Comprobado					
 MEDIDAS SIN TOLERANCIA s/DIN 7168 grado m			Soporte motor		A4
PROYECTO: Estudio y diseño de un gato hidráulico con accionamiento rotatorio		MATERIAL:	ESCALA : 2:3	Nº PLANO:	

N6



A-A
ESCALA 2 : 1



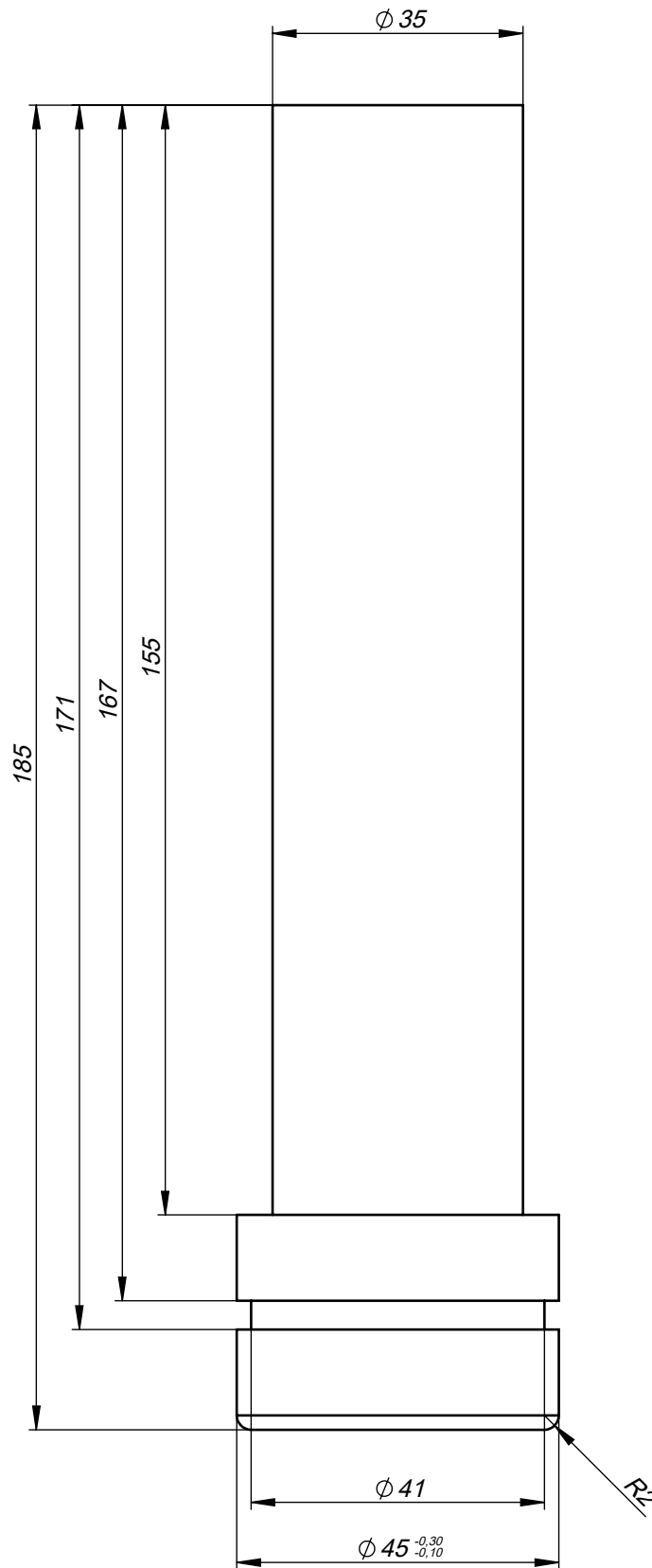
Nombre		Fecha	
Dibujado	Hamid Afkir	05/06/18	
Comprobado			
MEDIDAS SIN TOLERANCIA s/DIN 7168 grado m			
PROYECTO: Estudio y diseño de un gato hidráulico con accionamiento rotatorio		MATERIAL:	ESCALA : 1:1
		Nº PLANO:	
Pistón secundario			A4




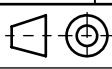


Departament d'Expressió Gràfica
a l'Enginyeria
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

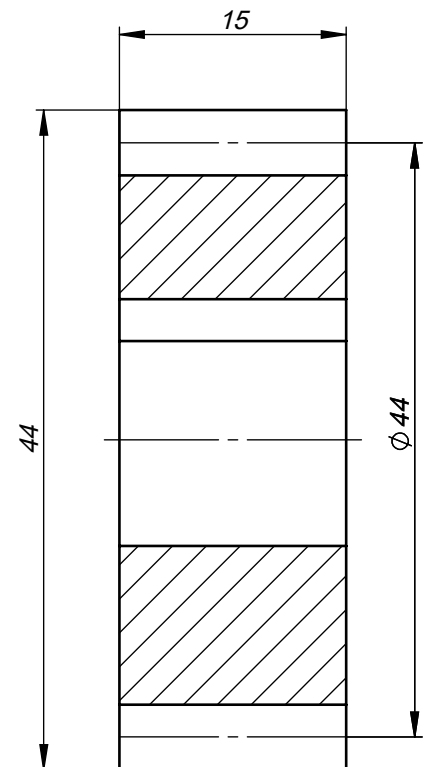
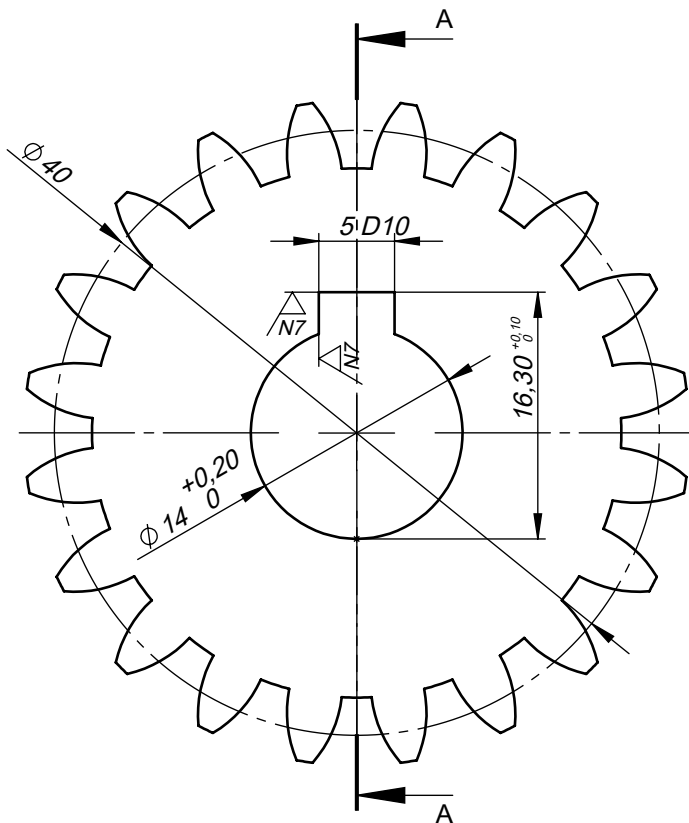


N6



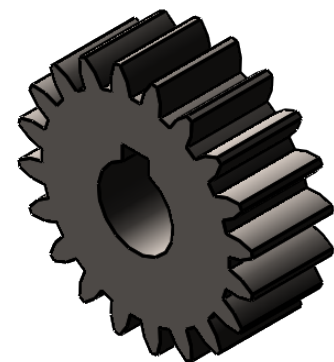
	Nombre	Fecha	  Departament d'Expressió Gràfica a l'Enginyeria UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA 		
Dibujado	Hamid Afkir	05/06/18			
Comprobado					
 MEDIDAS SIN TOLERANCIA s/DIN 7168 grado m			Pistón principal		A4
PROYECTO: Estudio y diseño de un gato hidráulico con accionamiento rotatorio		MATERIAL:	ESCALA : 1:1	Nº PLANO:	

N6/
(N7/)



A-A
ESCALA 2 : 1

TABLA DE DENTADO	
Módulo normal	2
Núm. dientes	20
Ángulo de presión	20°
Diámetro primitivo	40
Diámetro exterior	44
Altura diente	4,67
Paso circular	6,28
Distancia entre ejes	48 (0/+0,3)
Rueda conjugada	27
Juego sobre fondo	0,67



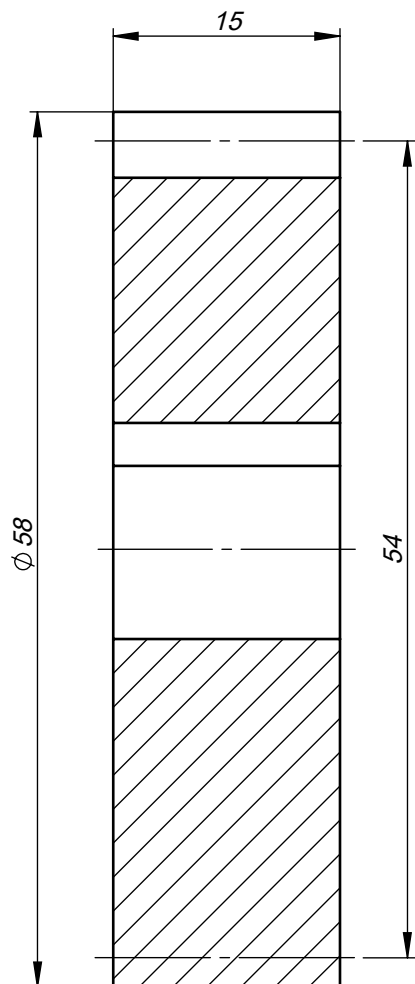
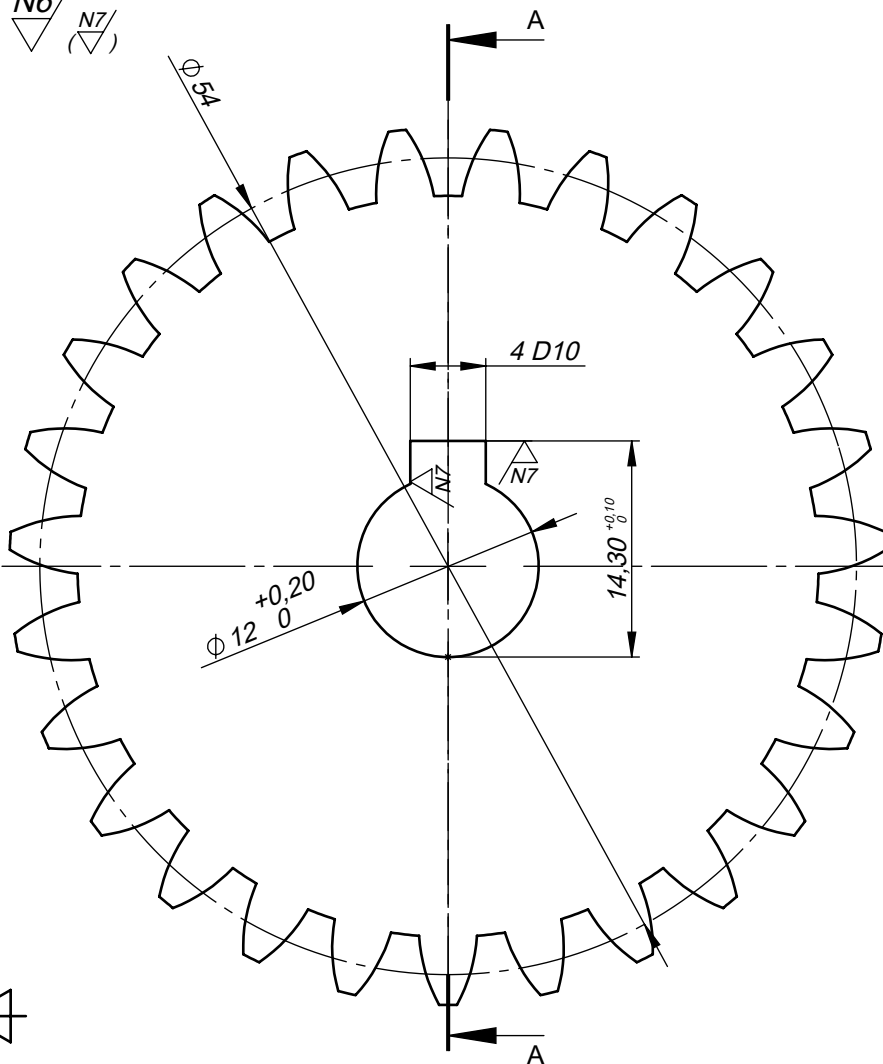
Nombre		Fecha	
Dibujado <i>Hamid Afkir</i>		05/06/18	
Comprobado			

Departament d'Expressió Gràfica
a l'Enginyeria

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

	MEDIDAS SIN TOLERANCIA s/DIN 7168 grado m	Piñón motor	A4
PROYECTO: <i>Estudio y diseño de un gato hidráulico con accionamiento rotatorio</i>		MATERIAL:	ESCALA : 2:1
		Nº PLANO:	

N6/
(N7/)



A-A
ESCALA 2 : 1

TABLA DE DENTADO	
Módulo normal	2
Núm. dientes	27
Ángulo de presión	20°
Diámetro primitivo	54
Diámetro exterior	58
Altura diente	4,67
Paso circular	6,28
Distancia entre ejes	48 (0/+0,3)
Rueda conjugada	20
Juego sobre fondo	0,67



Nombre	Fecha
Dibujado	Hamid Afkir
Comprobado	05/06/18

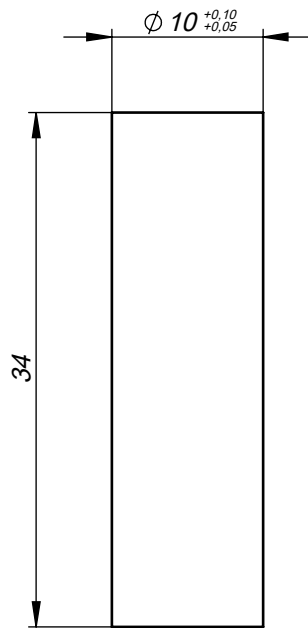


Departament d'Expressió Gràfica
a l'Enginyeria
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

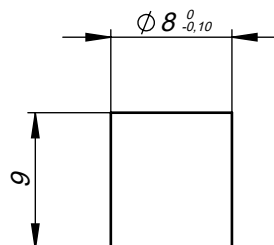
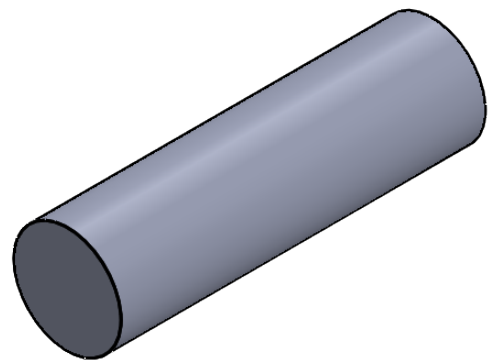


MEDIDAS SIN TOLERANCIA s/DIN 7168 grado m	Piñón cigüeñal		A4
PROYECTO: Estudio y diseño de un gato hidráulico con accionamiento rotatorio	MATERIAL:	ESCALA : 2:1	Nº PLANO:

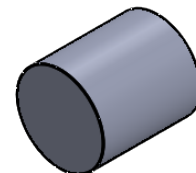
N6/







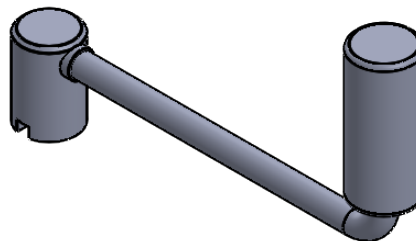
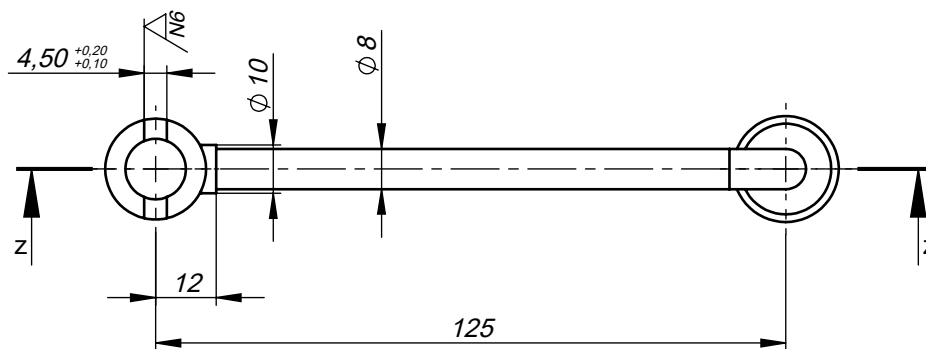
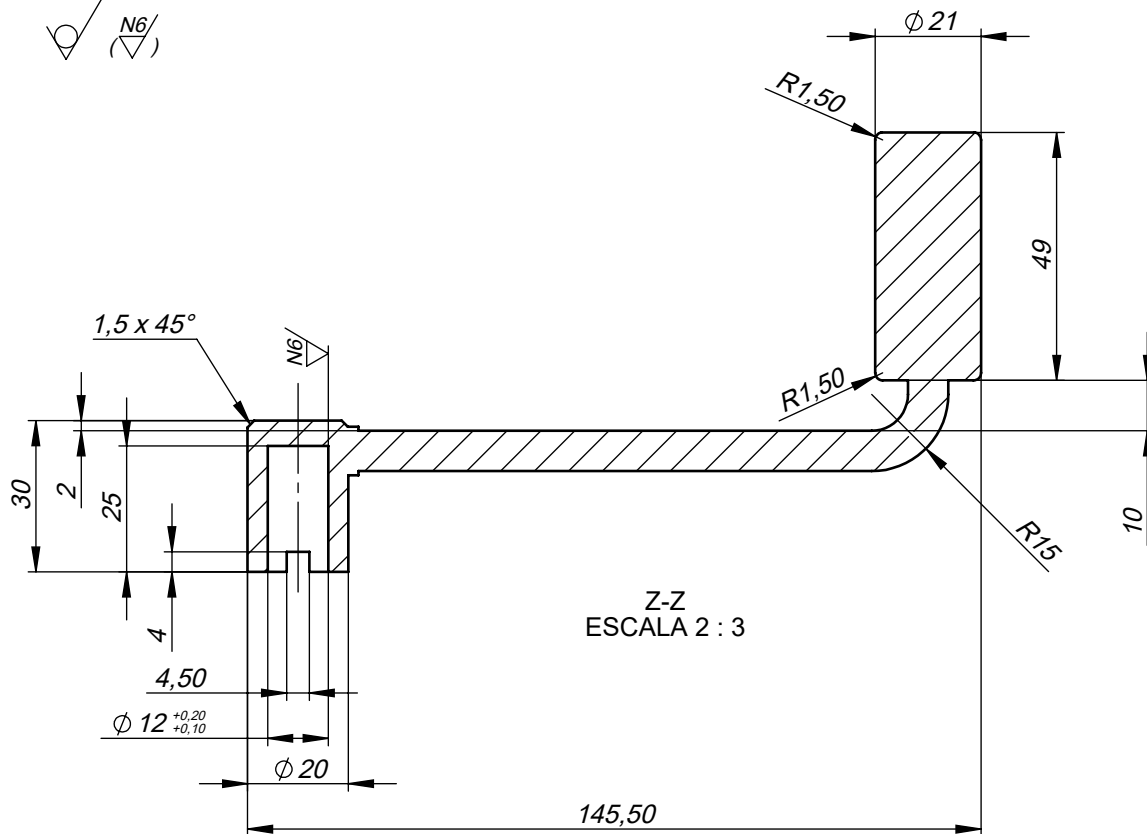
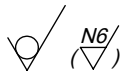
Pasador cigüeñal



Pasador pistón secundario



	Nombre	Fecha	  Departament d'Expressió Gràfica a l'Enginyeria UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA 		
Dibujado	Hamid Afkir	05/06/18			
Comprobado					
 MEDIDAS SIN TOLERANCIAS/DIN 7168 grado m			Pasadores		A4
PROYECTO: Estudio y diseño de un gato hidráulico con accionamiento rotatorio		MATERIAL:	ESCALA : 2:1	Nº PLANO:	



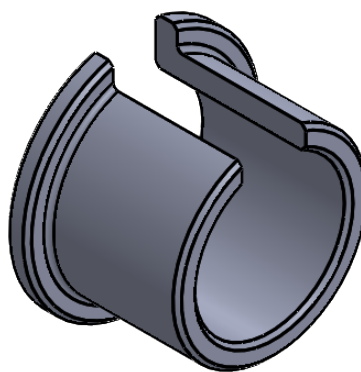
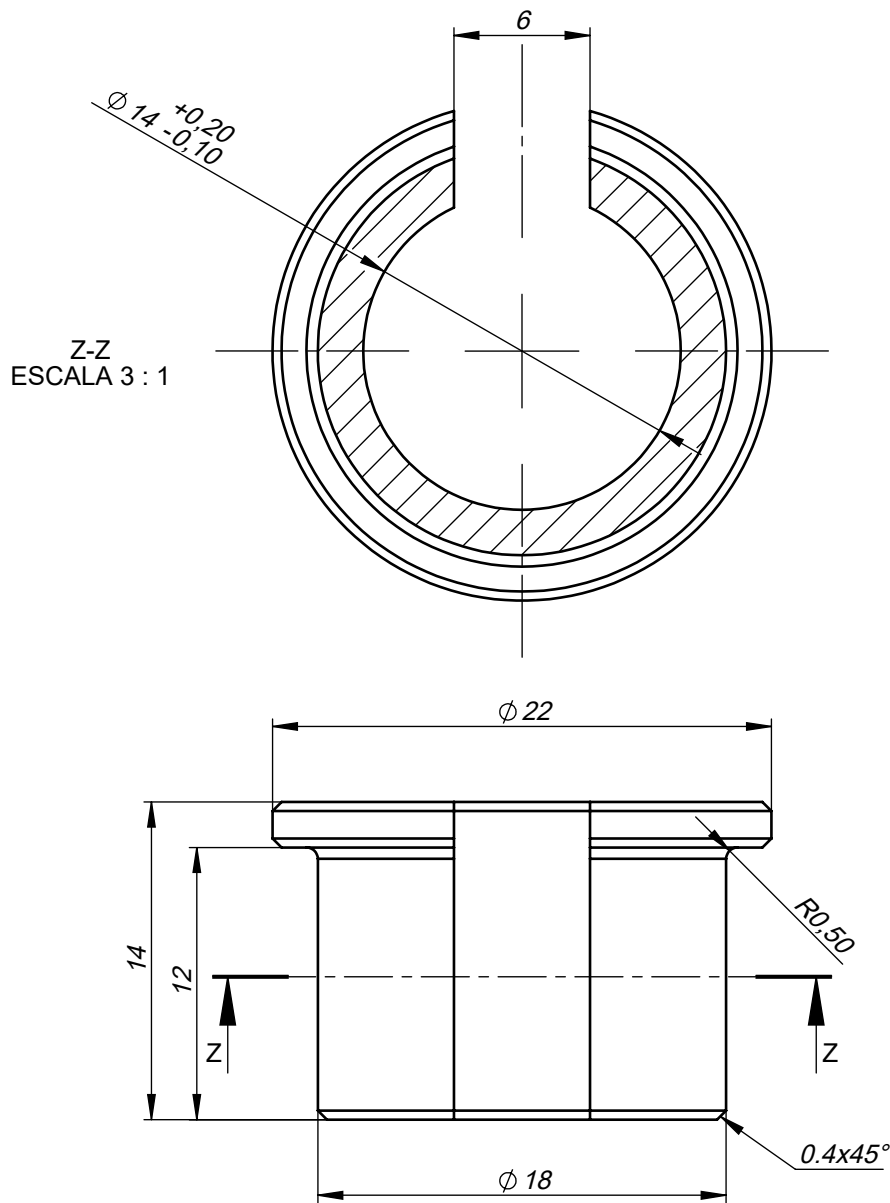
Nombre		Fecha	
Dibujado	Hamid Afkir	05/06/18	
Comprobado			
MEDIDAS SIN TOLERANCIA s/DIN 7168			
grado m		Manivela	
PROYECTO: Estudio y diseño de un gato hidráulico con accionamiento rotatorio		MATERIAL:	A4
		ESCALA : 2:3	Nº PLANO:



Departament d'Expressió Gràfica
a l'Enginyeria
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA



N7/



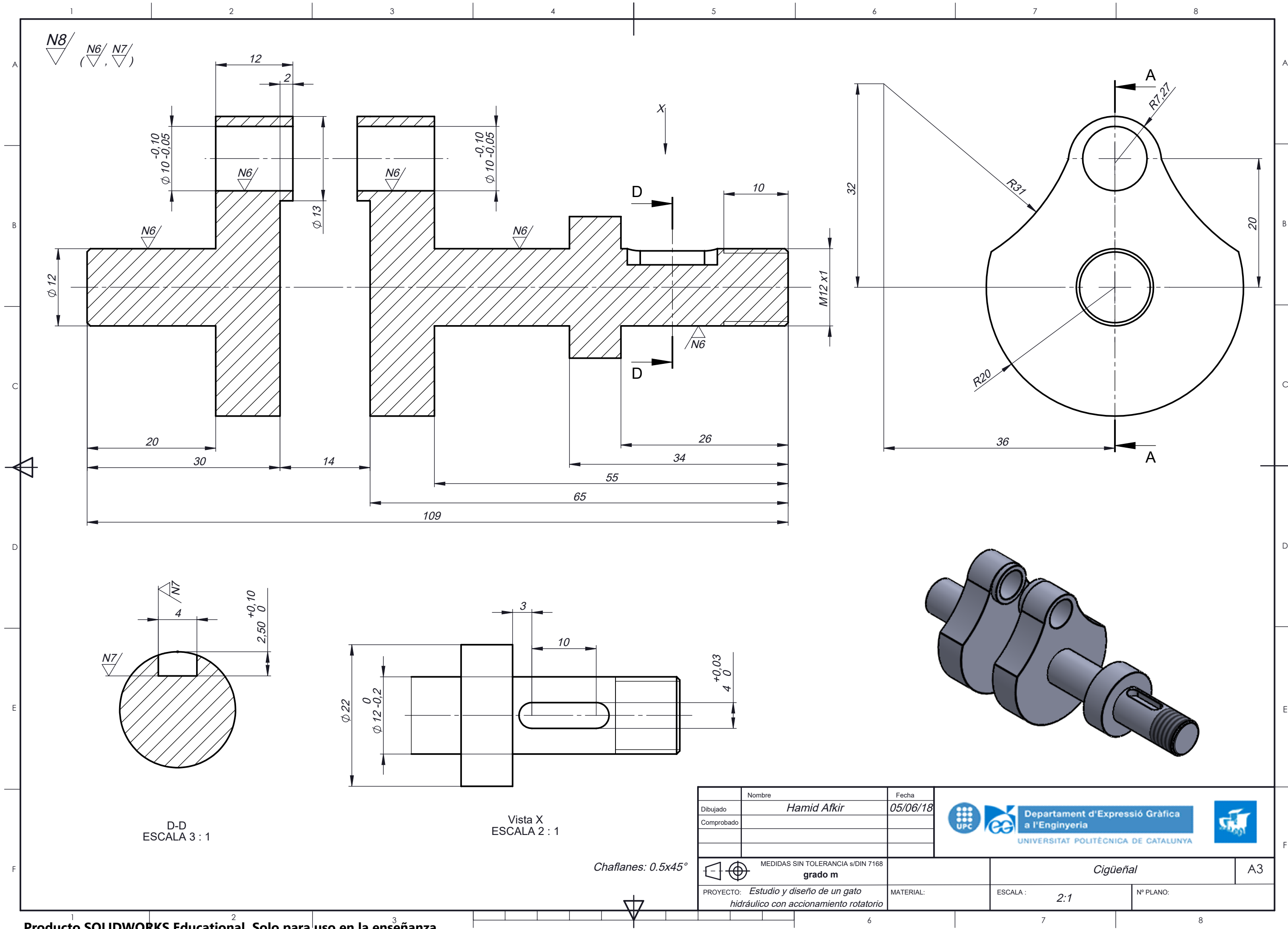
chaflanes no acotados: 0.4x45°

Nombre		Fecha	
Dibujado	Hamid Afkir	05/06/18	
Comprobado			
MEDIDAS SIN TOLERANCIA s/DIN 7168			
grado m			
PROYECTO: Estudio y diseño de un gato hidráulico con accionamiento rotatorio		MATERIAL:	ESCALA : 3:1
		Nº PLANO:	
Cojinete con valona			A4

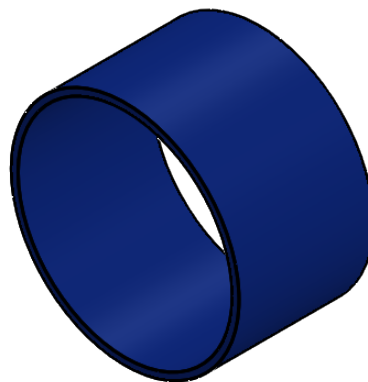
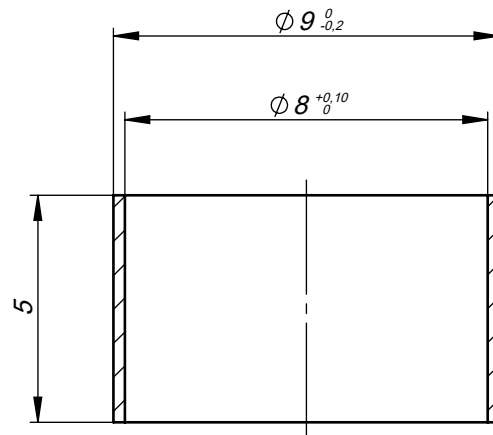


Departament d'Expressió Gràfica
a l'Enginyeria
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA





N6/

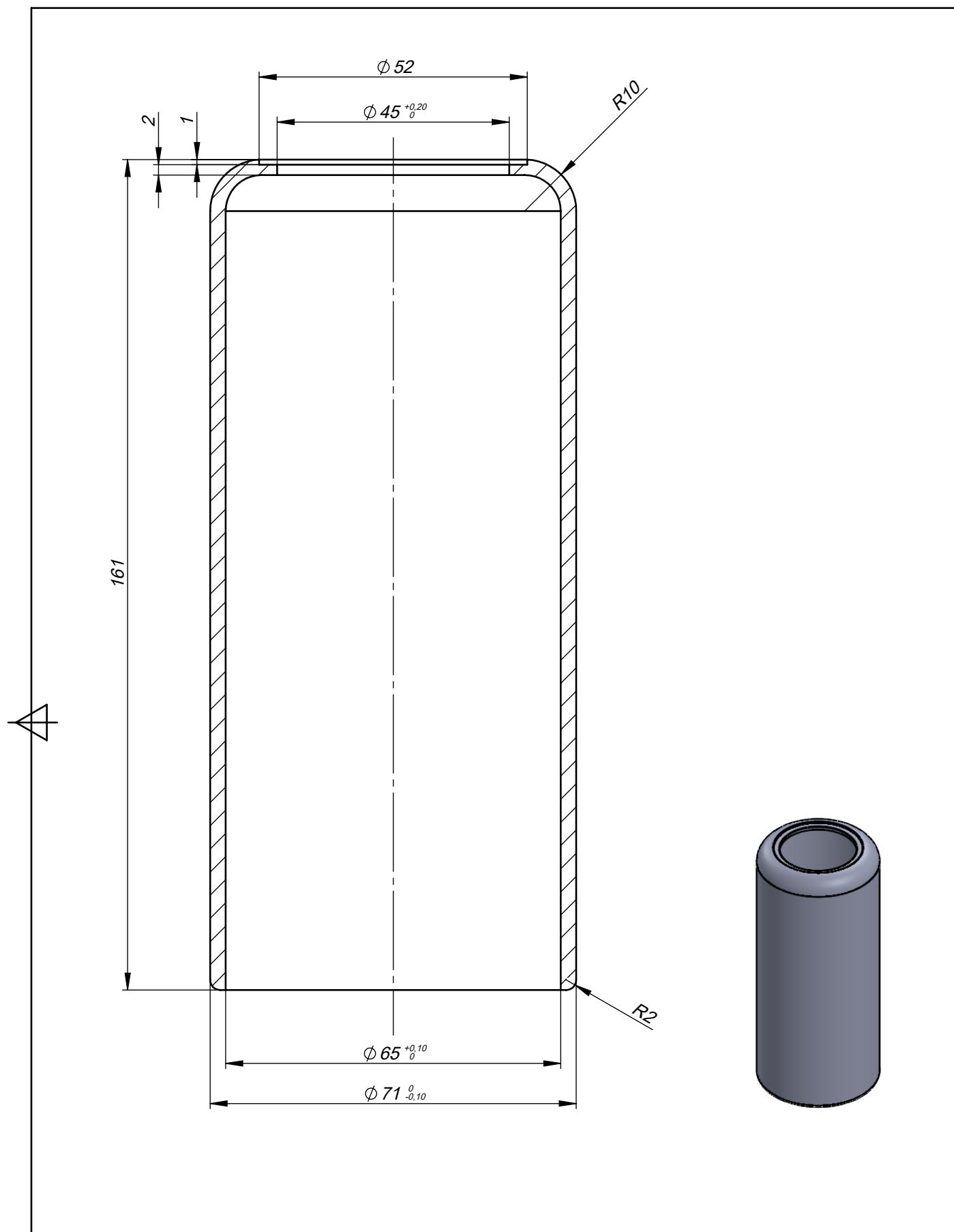


	Nombre	Fecha		
Dibujado	Hamid Afkir	05/06/18		
Comprobado				

Departament d'Expressió Gràfica
a l'Enginyeria

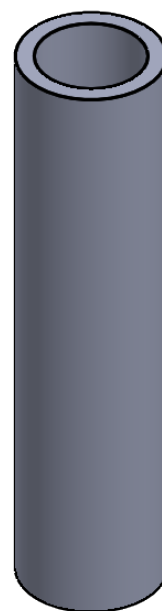
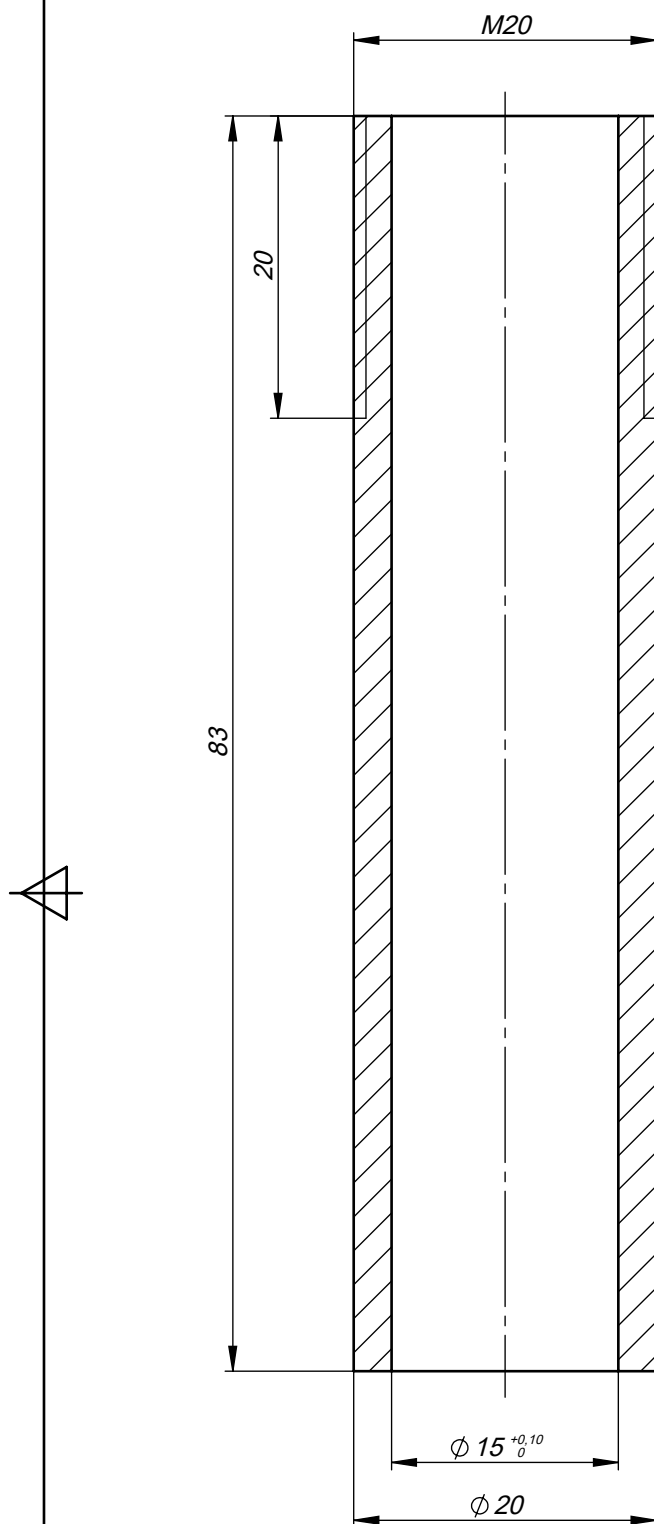
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

	<p>MEDIDAS SIN TOLERANCIA s/DIN 7168</p> <p>grado m</p>	<p><i>Casquillo pistón secundaria</i></p>	<p>A4</p>
<p>PROYECTO: <i>Estudio y diseño de un gato hidráulico con accionamiento rotatorio</i></p>		<p>MATERIAL:</p>	<p>ESCALA : 6:1</p>
		<p>Nº PLANO:</p>	



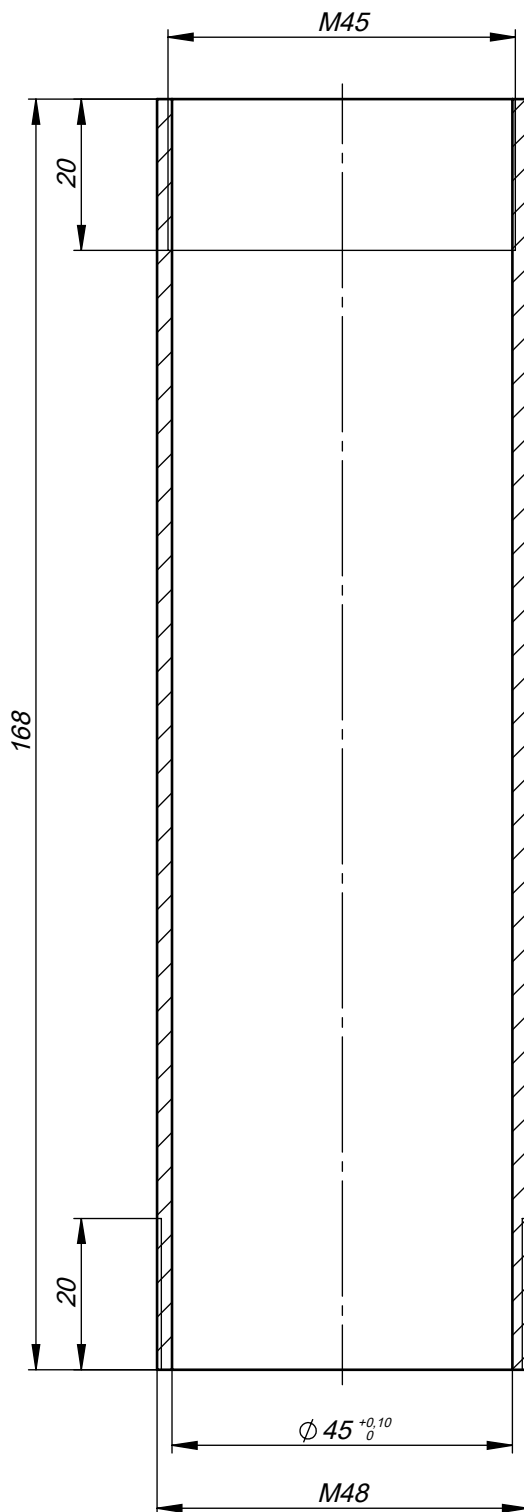
	Nombre	Fecha	  Departament d'Expressió Gràfica a l'Enginyeria UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA 	
Dibujado	Hamid Afkir	02/06/18		
Comprobado				
 MEDIDAS SIN TOLERANCIA s/DIN 7168 grado m			Carcasa	
PROYECTO: Estudio y diseño de un gato hidráulico con accionamiento rotatorio	MATERIAL:	ESCALA : 1:1	Nº PLANO:	
			A4	




N5



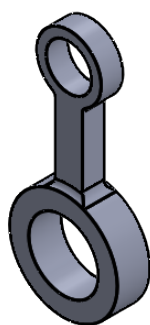
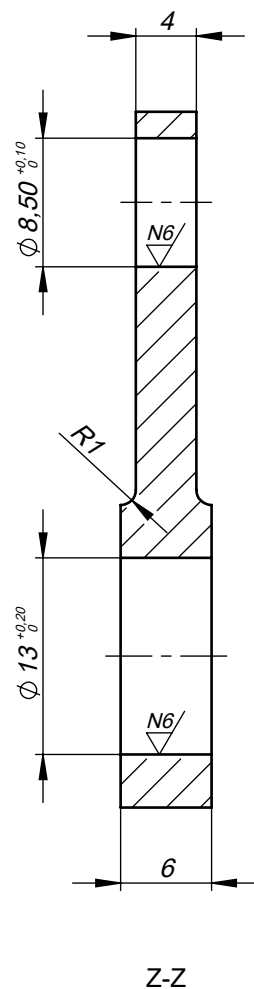
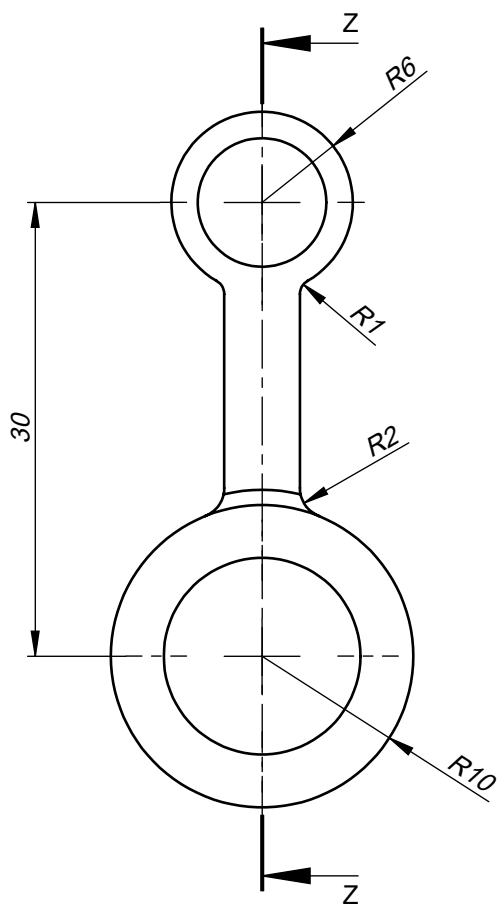
	Nombre	Fecha	<div><div>Departament d'Expressió Gràfica a l'Enginyeria</div><div>UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA</div></div> <div></div>		
Dibujado	Hamid Afkir	02/06/18			
Comprobado					
	MEDIDAS SIN TOLERANCIA s/DIN 7168 grado m		Camisa secundaria		A4
PROYECTO: Estudio y diseño de un gato hidráulico con accionamiento rotatorio		MATERIAL:	ESCALA : 2:1	Nº PLANO:	

N5



	Nombre	Fecha	<div><div>Departament d'Expressió Gràfica a l'Enginyeria</div><div>UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA</div></div>		
Dibujado	Hamid Afkir	02/06/18			
Comprobado					
 	MEDIDAS SIN TOLERANCIA s/DIN 7168 grado m		Camisa principal		A4
PROYECTO: <i>Estudio y diseño de un gato hidráulico con accionamiento rotatorio</i>		MATERIAL:	ESCALA : 1:1	Nº PLANO:	

✓ (N6/)



Nombre		Fecha	
Dibujado	Hamid Afkir	02/06/18	
Comprobado			

Departament d'Expressió Gràfica
a l'Enginyeria

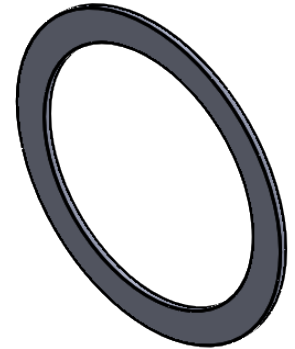
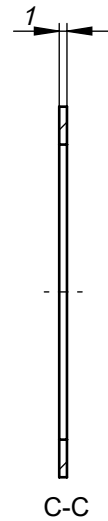
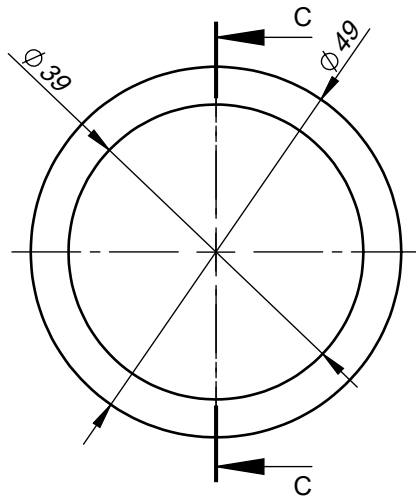
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

Biela

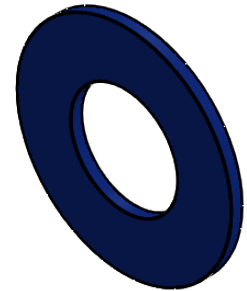
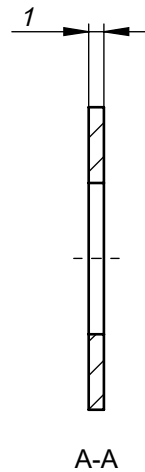
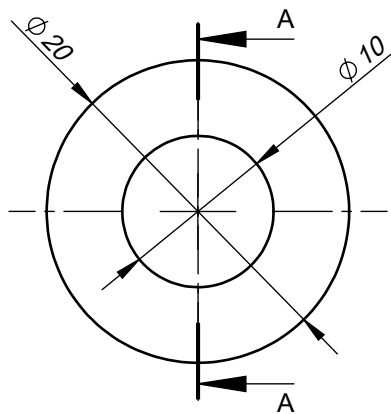
A4

<p>MEDIDAS SIN TOLERANCIA s/DIN 7168 grado m</p>	<p>PROYECTO: <i>Estudio y diseño de un gato hidráulico con accionamiento rotatorio</i></p>	<p>MATERIAL:</p> <p>ESCALA : 2:1</p> <p>Nº PLANO:</p>
---	--	--

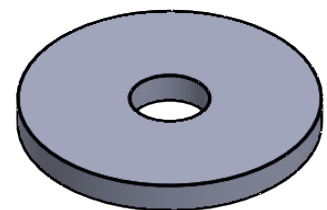
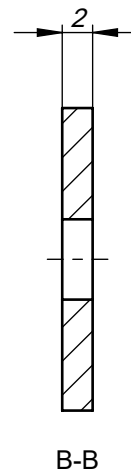
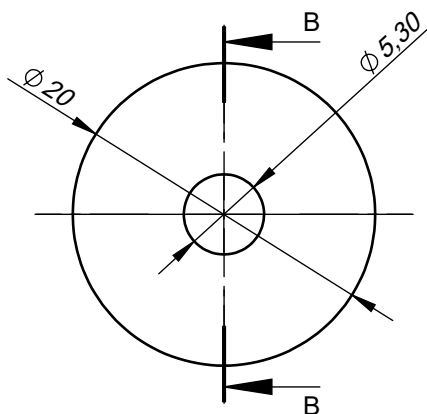
Arandela principal



Arandela secundaria



Arandela motor



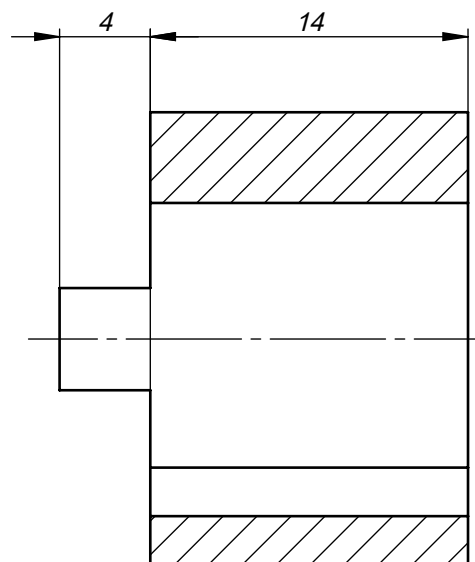
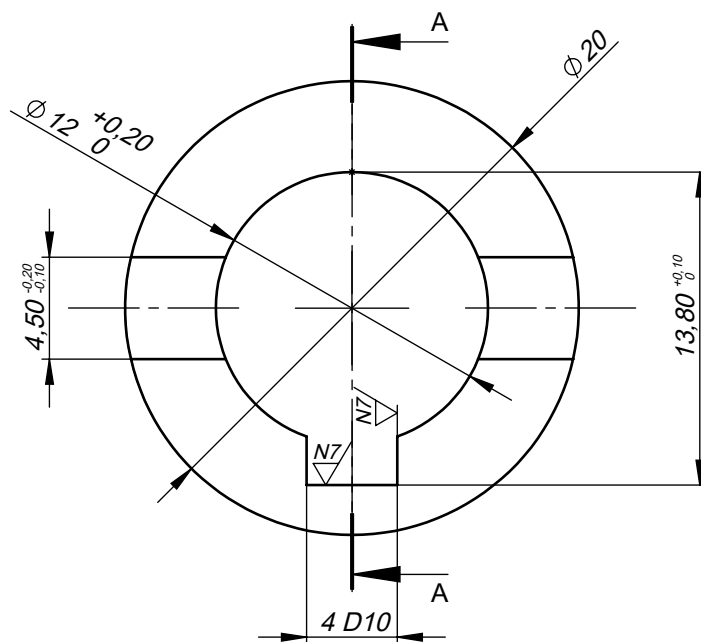
Nombre		Fecha	
Dibujado	Hamid Afkir	05/06/18	
Comprobado			

Departament d'Expressió Gràfica
a l'Enginyeria

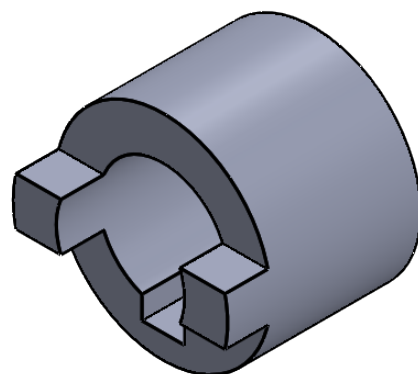
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

<p>MEDIDAS SIN TOLERANCIA s/DIN 7168 grado m</p>	Arandelas		A4
	PROYECTO: Estudio y diseño de un gato hidráulico con accionamiento rotatorio	MATERIAL:	ESCALA : 1:1 (2:1)

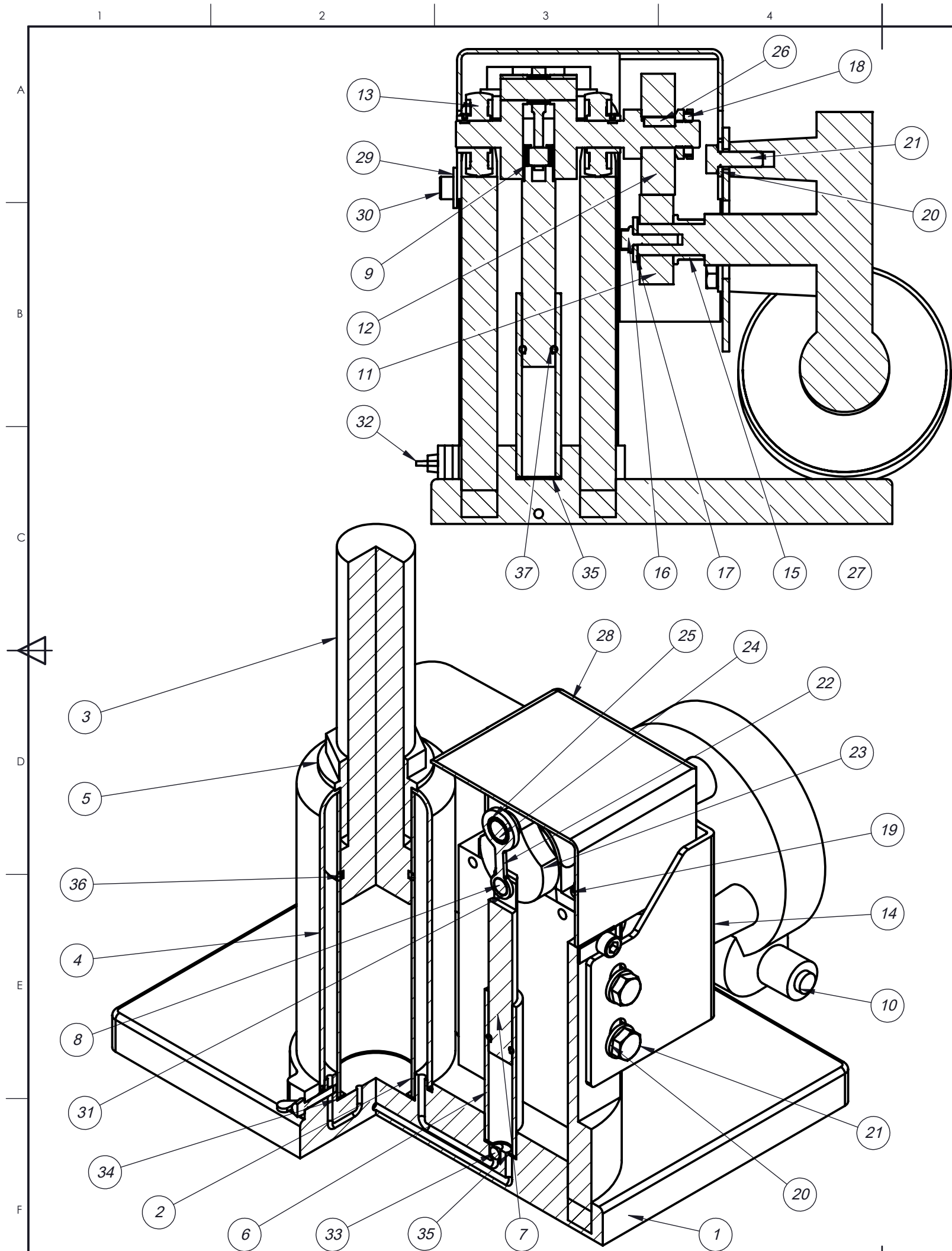
N6/ (N7/)



A-A
ESCALA 3 : 1



	Nombre	Fecha	  Departament d'Expressió Gràfica a l'Enginyeria UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA		
Dibujado	Hamid Afkir	05/06/18			
Comprobado					
 MEDIDAS SIN TOLERANCIA S/DIN 7168 grado m			Adaptador manivela		A4
PROYECTO: Estudio y diseño de un gato hidráulico con accionamiento rotatorio		MATERIAL:	ESCALA : 3:1	Nº PLANO:	

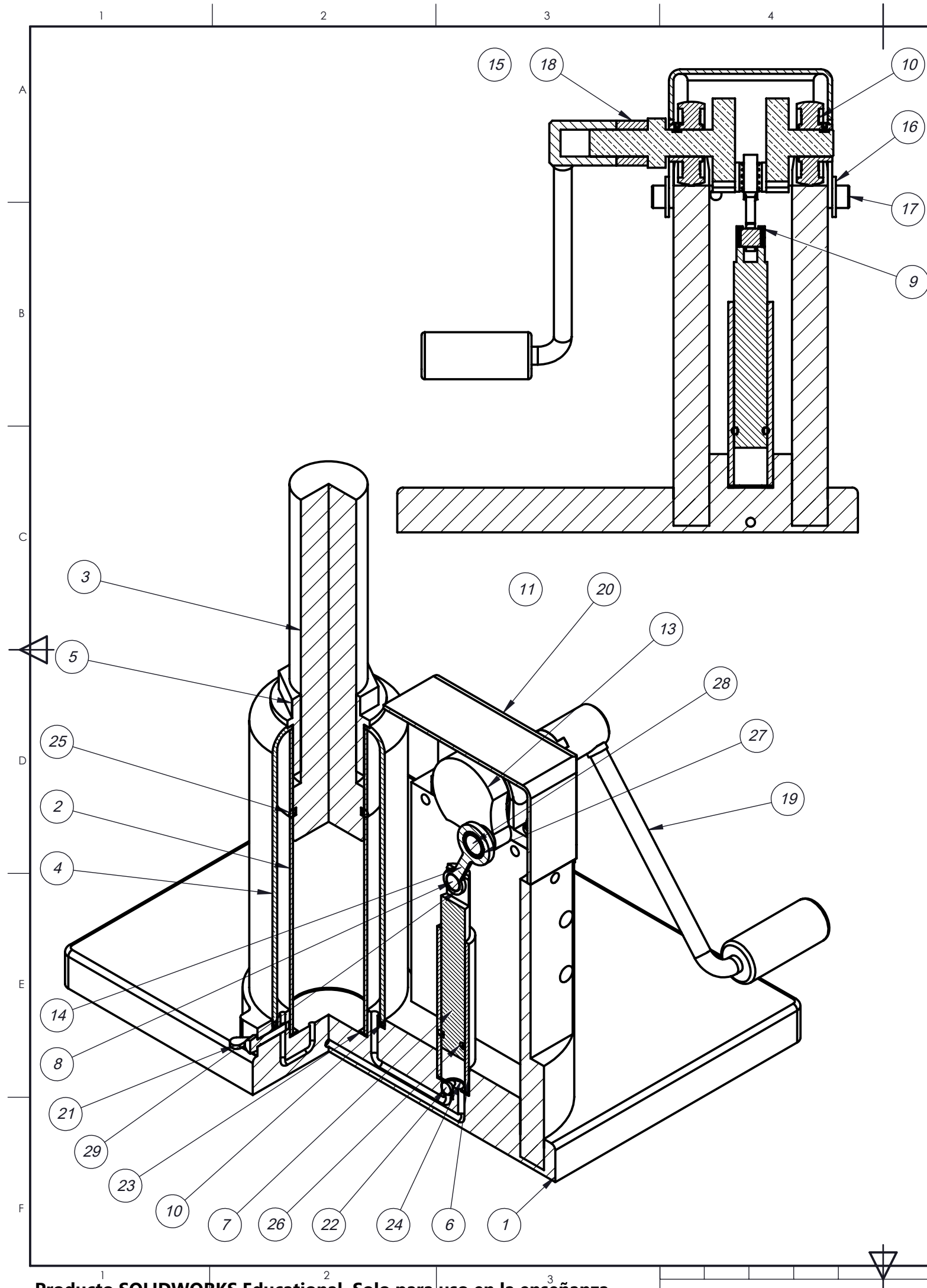


37	Junta Tórica Pistón Secund.		1
36	Junta Tórica Pistón Principal		1
35	Arandela Aloj. Secundaria		1
34	Arandela Aloj. Principal		1
33	Bola Metálica	Bola Metálica Ø6	2
32	Tornillo mariposa M4	DIN 316 M4x20	1
31	Casquillo Pistón Secundario		1
30	Tornillos M6	DIN 912 M6	3
29	Arandelas M6	DIN 9021 M6	2
28	Tapa Protectora		1
27	Chaveta Motor	DIN 6885	1
26	Chaveta Cigüeñal	DIN 6885	1
25	Rodamiento de agujas	Rodamiento SKF 10x13x10	1
24	Pasador Cigüeñal		1
23	Cigüeñal		1
22	Biela		2
21	Tornillos Hexagonales M8	DIN-EN-24018 M8x20	5
20	Arandelas Planas M8	DIN 6902 M8	5
19	Tornillos de las Cajas	DIN 6921 M6x20	4
18	Tuercas KM	DIN 981 KM1	2
17	Arandela Motor		1
16	Tornillo Hexagonal M5	DIN 6921 M5x20	1
15	Cojinete con Valona		1
14	Soporte Motor		1
13	Cajas con Rodamientos	KP001	2
12	Piñon-Cigüeñal		1
11	Piñon-Motor		1
10	Motor		1
9	Anillos de Seguridad	DIN 472	2
8	Pasador Pistón Secundario		1
7	Pistón Secundario		1
6	Camisa Secundaria		1
5	Tuerca Cierre		1
4	Carcasa		1
3	Piston Principal		1
2	Camisa Principal		1
1	Base		1

N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
-----------------	--------------	-------------	----------

Nombre	Fecha	<div><div><div></div><div>UPC</div></div><div><div>ee</div><div>Departament d'Expressió Gràfica a l'Enginyeria</div><div>UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA</div></div><div><div></div><div></div></div></div>	
Dibujado	Hamid Afkir		
Comprobado			

	MEDIDAS SIN TOLERANCIA s/DIN 7168 grado m	Conjunto versión motorizada		A3
	PROYECTO: Estudio y diseño de un gato hidráulico con accionamiento rotatorio	MATERIAL:	ESCALA: 1:2	Nº PLANO:



29	Casquillo Pistón Secundario		1
28	Pasador Cigüeñal		1
27	Rodamiento de Aguja	Rodamiento SKF 10x13x10	1
26	Junta Tórica Pistón Secund.		1
25	Junta Tórica Pistón Principal		1
24	Arandela Aloj. Secundaria		1
23	Arandela Aloj. Principal		1
22	Bola Metálica	Bola Metálica Ø6	2
21	Tornillo mariposa M4	DIN 316 M4x20	1
20	Tapa Protectora		1
19	Manivela		1
18	Adaptador Manivela		1
17	Tornillos M6	DIN 912 M6	4
16	Arandelas M6	DIN 9021 M6	4
15	Chaveta Cigüeñal	DIN 6885	1
14	Biela		1
13	Cigüeñal		1
12	Tornillos de las Cajeras	DIN 6921 M6x20	4
11	Junta Tórica Encaje Carcasa	DIN 906	1
10	Cajeras con Rodamientos	KP001	2
9	Anillos de Seguridad	DIN 472	2
8	Pasador Pistón Secundario		1
7	Pistón Secundario		1
6	Camisa Secundaria		1
5	Tuerca Cierre		1
4	Carcasa		1
3	Piston Principal		1
2	Camisa Principal		1
1	Base		1

N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
-----------------	--------------	-------------	----------

Nombre		Fecha	<div><div>Departament d'Expressió Gràfica a l'Enginyeria</div><div>UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA</div></div>			
Dibujado		05/06/18				
Comprobado						
<div> MEDIDAS SIN TOLERANCIA s/DIN 7168 grado m</div>			Conjunto versión manual		A3	
PROYECTO: Estudio y diseño de un gato hidráulico con accionamiento rotatorio			MATERIAL:		ESCALA : 1:2	Nº PLANO: